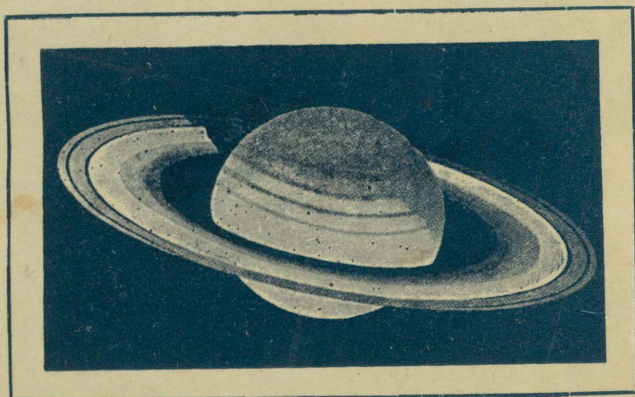


J. LANG JA D. ROOTSMAN

KOSMOGRAAFIA ALGMÕISTEID

KESKKOOLI IV KLASSILE



K./U. „LOODUS“, TARTU, 1936



A-10029₁₁

J. LANG ja D. ROOTSMAN

KOSMOGRAAFIA ALGMÕISTEID

KESKKOOLI IV KLASSILE

K./Ü. „LOODUS“, TARTU, 1936

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

147573

K./Ü. „Looduse“ keeleline korrektor H. Pürkop.

O./Ü. K. Mattieseni trükikoda, Tartu, 1936.

I. Taevavõlv ja taevakehad.

1. Millega tegeleb kosmograafia? Maa on ümbritsetud läbi-paistva õhkkonnaga. See on meile, Maa elanikele, suureks õnneks, sest ta võimaldab meil näha Päikest, Kuud, tähti ja teisi taevakehi. Kui õhkkond oleks läbipaistmatu, või taevas alati pilves, siis oleksid meie teadmised „Maailmast“, kogu olemasolevast, hoopis piiratud. Nüüd aga jutustavad valguskiired meile nii mõndagi kaugetest taevakehadest ja sunnivad meid järele mõtlema **M a a i l m a e h k K o s m o s e** ehituse üle. Kosmograafia ülesandeks ongi anda meile Maailmast ja ta ehitusest lühike ülevaatlik kirjeldus.

2. Taevavõlv. Lagedal väljal enese ümber vaadates saame mulje, et maa on tasane ketas, mille äärele vaatepiiril toetub kumer taevavõlv. Taevavõlv paistab meile igal pool enam-vähem õõnsa poolkerana, mille keskpunktis asetseb vaateleja silm. Niisugune taevavõlvi kuju on tingitud meie silma omadusest — näha kõiki üle teatava piiri eemal olevaid asju samas kauguses. Et nägemise tingimused on igas suunas enam-vähem ühesugused, siis on taevavõlv kerakujuline, ta on selleks pinnaks, millele projekttime kõik kauged asjad ja nähtused: Päikese, Kuu, tähed, meteorid, välgu jne.

Lähem tähelepanemine näitab, et taevavõlv paistab püstsuunas meile lähemal kui rõhtsuunas, s. o. taevavõlv on lame. Taevavõlvi lamedus tekib sellest, et rõhtsuunas näeb vaateleja palju mitmesuguseid asju (puid, maju, jne.), mille tõttu meile paistab taevavõlv kaugemale nihkuvat, kuna püstsuunas on meil vaateväli lage.

Puhas selge taevas paistab meile helesinisena. Taeva värvi põhjuseks on õhuosakesed (molekulid), mis nagu väikesed peeglid hajutavad päikesevalgusest eriti siniseid kiiri, kuna teised kiired enam-vähem vabalt läbi pääsevad. On aga õhus palju tolmu ja veeauru, siis hajutavad nende osakesed suurel määral ka teisi kiiri ja taevas

paistab meile mitte puhassinisena, vaid mitmes teises värvis — punasena, rohelisena, kollasena jne.

1. Mispärast ei näe meie tähti päeval?
2. Missugust värvi paistab meile taevas öösi?
3. Millest järeldame, et taeva värv on päikesevalgusest, et taeval ei ole nii-öelda oma värvi?

3. Taevakehad ja nende liigitamine. Selge ilmaga näeme taevavõlvil päeval Päikest, öösi Kuud, tähti ja teisi taevakehi. Päike on meile eriliselt tähtis. Kuuma hõõguva kettana tõuseb ta iga päev idas ja loojub läänes. Kõik oma soojuse ja valguse saame Päikeselt, sellega on ta kogu meie elu ja olemise algteguriks. Päikese raadius on Maa omast 109 korda suurem. Võrdlemisi väikese kettana paistab ta ainult oma väga suure kauguse pärast (149 500 000 km).

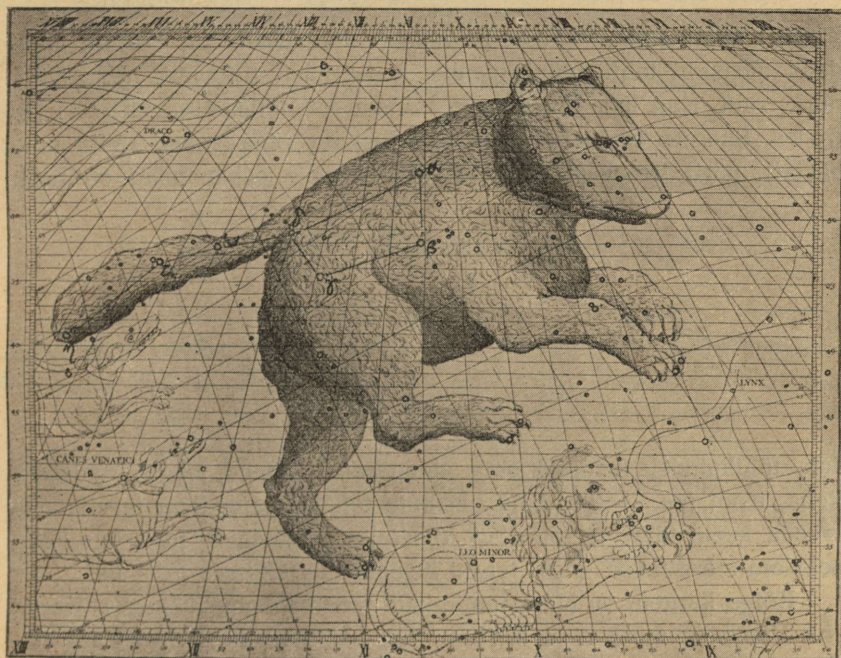
Kuu on Maa kõige lähem naaber maailmaruumis. Ta on ruumalalt Maast 50 korda väiksem, kuid paistab meile oma läheduse tõttu (384 400 km) ligikaudu niisama suure kettana kui Päikegi. Huvitav on tähele panna, et Kuu ei paista meile alati ühesugusena: vahel näeme täisketast, vahel kitsast sirpi; mõnikord on ta hoopis nähtamatu. Kuul ei ole oma valgust; ta on meile õieti peegliks, mis juhib meile öösiti vaatepiiri all oleva Päikese valgust.

Tähed. Selgel ööl näeme taevas säravat suurt hulka tähti, mis paistavad meile taevavõlvi külge kinnistatud helenevate täpikestena. Lähemal silmitsemisel võime tähele panna, et tähed erinevad üksteisest oma heleduse ja värvivarjundite (punakad, kollakad, sinakad jne.) poolest. Palja silmaga näha olevate tähtede arv pole mitte nii suur, et meie neid ei saaks loendada; me näeme taevavõlvil korraka ainult ligi 3000 tähte.

Pikemaajalise vaatluse abil võime kindlaks teha, et tähed jagunevad kahte liiki: kinnis- ja rändtähed. Kinnistähed on need, mis ei muuda oma asendit taevavõlvil teiste tähtede suhtes; nagu helendavad naelapead paistavad nad kinnistatud olevat taevavõlville ning püsivad seal igaüks omal kohal. Peale selle tunneme kinnistähti nende vilkumisest; ka paistavad meile kinnistähed teleskoobis täpikestena samuti kui paljalegi silmale. Loomult on kinnistähed suured tulised hõõguvad kehad, mis maailmaruumis igale poole levitavad valgust ja soojust nagu meie Päikegi. Loendatud kinnistähtede tunnused on tingitud suurest kaugusest, mis meid kinnistähedest lahutab. Kõige lähemalt kinnistähelt on valgus 4,3 aas-

tat meie juurde teel. Peaaegu kõik tähed kuuluvad kinnistähtede liiki. Sageli tarvitame sõna „kinnistäht“ asemel lihtsalt „täht“.

Rändtähtede tunnused on kinnistähtede omadele otse vastupidised. Rändtähed muudavad oma asendit teiste tähtede suhtes ja nad ei vilgu. Loomult sarnanevad rändtähed suurel määral Maaga. Rändtähti võib korraga näha vaid mõned üksikud (Veenus, Mars, Jupiter,



1. joon. Suur Karu.

Saturn jne.). Kõik rändtähed ehk planeedid kuuluvad Päikese perekonda, s. o. liiguvad ümber Päikese samuti kui Maa.

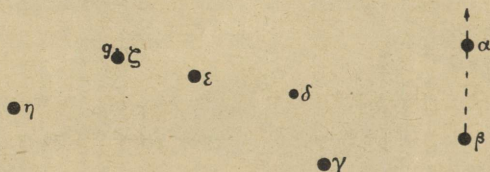
Vahel paistab, nagu vallanduks taevast mõni täht, mis siis suure kiirusega maa poole liigub, jättes järele heleda joa. Harilikult kustub niisugune täht enne maapinna lähedale jõudmist. Need on lendtähed — väikesed aine killukesed, mis maailmaruumist Maa õhkkonda sattudes hõõrdumise mõjul kuumaks muutuvad, helenevad ja viimaks ära põlevad.

Haruldaste külalistena esinevad palja silmaga vaatlejale saba tähed ehk komeedid.

Heleda vööna enam-vähem põhja-lõuna sihis käib üle taeva Linnutee. See on suur tähtede parv, mille hulka kuulub ka meie Päike. (Tuleta meelde eesti muinasjuttu Linnutee tekkimisest.)

1. Mitu korda on Päikese pind- ja ruumala Maa omast suurem?
2. Mispärast paistab Kuu peaaegu niisama suure kettana kui Päikegi?
3. Väljenda lähema kinnistähe kaugus km-tes!
4. Missugused rändtähed on praegu palja silmaga nähtavad?

4. Tähtkujud. Taevaga lähemaks tutvumiseks on kasulik ühendada üksikuid tähti kujudeks, mis meile hästi tuttavad, nagu kolmnurk, ruut, ring jne. Niisuguseid tähtede rühmitisi nim. tähtkujudeks. Suurem osa tähtkujude nimetusi on väga vanad (mitu tuhat aastat), pärit Kreekast ja Kaldeast. Ka meie esivanemad on palju



2. joon. Suur Vanker.

dele tähtkujudele andnud oma algupärased nimed, nagu Kuhjalava, Reha, Koot jne. — Tähtkuju üksikute tähtede nimedena tarvitatakse kreeka keele tähti α (alfa), β (beeta), γ (gamma) jne., kus kõige heledam märgitakse α -ga, teised heleduse järjekorras β , γ jne.

Kõige kergem on alata tähtkujude tundmaõppimist Suurest Karust ehk Vankrist, mille 1. ja 2. joon. abil põhjataevas kergesti ära tunneme. Rattad moodustavad nelinurga, kuna ais paremale poole kaarde on painutatud. (Tuleta meelde eesti muinasjuttu hundist ja peremees Peedust.) Tagumistest ratastest (α ja β) läbiminevat sihti pikendades noole suunas jõuame kaunis heleda täheni, mis Põhjanaela nime kannab. Nagu varsti näeme, asetseb Põhjanael maailma pooluse lähedal, seepärast paistab Põhjanael alati samas kohas; ta on kui helendav naelapea, mis põhjataevasse löödud. Põhjanael on Väikese Vankri aisa otsmine täht. Väike Vanker oma kujult on üldiselt sarnane Suure Vankriga, tema tähed aga on märksa vähem heledad ja asetus vastupidine Suure Vankriga võrreldes.

Suure Vankri esimestest ratastest (γ) alates üle Põhjanaela teisele poole vaadates jõuame Kassiopejani, mis kujult meenutab laialt kirjutatud W tähte. Kassiopejast pisut ida poole ja madalamale

vaadates näeme looklevat väiksemate tähtede rida, Perseust, mis lõpeb täheparve Plejaadide ehk Sõelaga. Perseusest ida pool asetseb Veomees, viisnurk, milles kõige heledamaks täheks on Kapella ehk Jõulutäht.

Sedaviisi kaardi abil taevast jälgides pole raske tutvuda kõigi meil näha olevate tähtkujudega. Et edaspidisest hõlpsamini aru saada, tuleb igäühel otseste vaatluste abil taevaga lähemalt tutvuda, *kaardid*

selliste vormidega, millega taevast jälgitakse, on alati olnud ja on ka praegu alati.

1. Raamatu lõpul oleva kaardi abil tutvu meil praegu õhtuti näha olevate tähtkujudega!

2. Pane tähele, kuidas tähed, nagu Päike ja Kuugi, idast tõusevad ja läänes alla vajuvad!

II Taevavõlvi ööpäevane pöörlemine.

5. Taevavõlvi ööpäevane pöörlemine. Taevaskera. Asetume selgel õhtul või ööl õue nõnda, et mõni lõunataeva hele täht paistaks just mõne lähedaloleva silmapaistva asja kohal (aiaposti ots, korstna äär, katuse serv jne.). Sel viisil määrame kindlaks vaatesuuna, millel asetseb täht vaatluse alguses, sest kaks punkti (vaatleja silm ja antud ese) määravad ainult ühe sirge. Natuke aega (15—20 min.) hiljemini samasse seisukohta asudes näeme, et tähelepandav täht on endisest vaatesuunast nihkunud tublisti läänes poole.

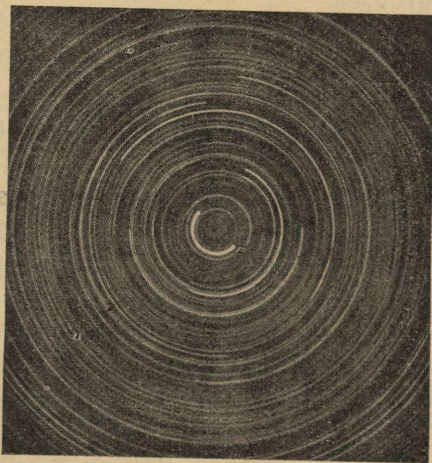
Tee see vaatlus tingimata esimesel võimalusel!

Samalaadilisi vaatlusi ka teiste tähtedega korrates näeme, et taevavõlv ühes kõigi tema pinnal näha olevate taevakehadega ei seisa mitte paigal, vaid pöörleb **idast läände**. Samuti nagu Päike ja Kuu tõusevad tähed idast, saavutavad kõrgeima asendi lõunas ja vajuvad alla vaatepiirile läänes. Meie ei ole kahjuks harjunud seda tähele panema. Tähtede vastastikuseid asendeid üksteise suhtes tähele pannes näeme, et need jäävad kogu aja samadeks. Järelikult võime rääkida taevavõlvist kui tervikust, mis pöörleb idast läände.

Taevavõlv paistab meile nõgusa poolkerana. Läänes vajuvad taevavõlvi osad pöörlemisel vaatepiiri alla, idas tõusevad üles jälle uued osad, järelikult peame arvama, et kogu taevavõlv moodustab kerapinna ehk **taevaskera**, millest alati ainult pool on ülalpool meie vaatepiiri ja sellepärast nähtav, kuna teine pool on vaatepiiri all ning sellepärast meile nähtamatu.

6. **Asendi määramine taevaskeral.** Taevaskera keskpunktiks (A) on alati vaatleja silm. Sellest järeldame, et meil on tegemist siin, nähtusega, mis oleneb meie silma ehitusest. Taevaskeral asendi määramise otstarbel anname erilised nimed mõnele joonele, punktile ja tasapinnale.

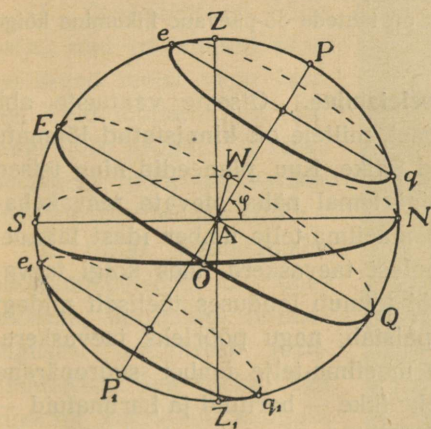
Sirge PP_1 (4. joon.), mille ümber pöörleb taevaskera, nimet. **maailma-teljeks**. Maailma-telg lõikub taevaskeraga kahes punktis (P ja P_1), mis nimet. **taeva poolusteks**. Meie horisondi kohal on **põhja**-poolus (P), temale otse vastas asetseb **lõunapoolus** (P_1). Nagu



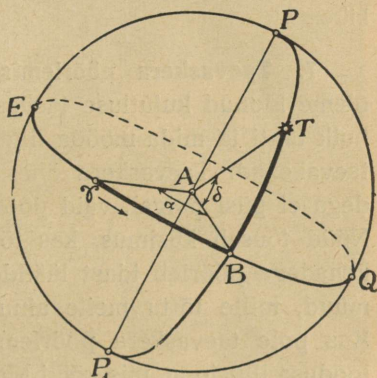
3. joon. Taevapoolusele lähedaste tähtede jäljed fotoplaadil taevaskera pöörlemise tõttu.

definiitsioonist näha, on poolused geomeetriliselt defineeritud punktid. Praegu asetseb põhjapooluse läheduses ($\sim 1\frac{1}{4}^\circ$ kaugusel) võrdlemisi hele täht — Põhjanael, mille abil on kerge põhjapooluse ligikaudset asendit määrata. — Vaatleja silma (A) läbiv püst- ehk vertikaaljoon lõikub taevaskeraga **seniidis** (Z). Kujutame tasapinna läbi vaatleja silma, pooluse ja seniidi. See on **taeva meridiaani-tasapind**, mis lõikudes taevaskeraga annab ringjoone (ZPP_1), mida kutsutakse **meridiaaniks**. Meridiaani tasapind jagab taevaskera kaheks pooleks — ida- ja läänepool. Horisondi tasapinnaga ($NOSW$) lõikub meridiaani-tasapind mööda sirget SN , mis nimet. **keskpäeva-jooneks**. Keskpäeva-joone üks ots (N) näitab põhja, teine (S) lõunasse.

Kujutame nüüd läbi vaatleja silma (A) tasapinna (EQ), mis on risti maailma-teljega (PP_1), ja nimetame selle **taevaekvaatori tasapinnaks**. Taeva ekvaatori tasapinna ja taevaskera lõikumisel saame ringjoone ($EWQO$), mida nimet. **taevaekvaatoriks**. Taevaekvaator jagab taevaskera kaheks poolkeraks — põhja- ja lõuna-poolkera. Horisondi ja taevaekvaatori tasapinnad lõikuvad mööda sirget OW , mis on risti keskpäeva-joonega (tõesta seda geomeetriliselt) ja mille üks ots (W) on suunatud läände, teine (O) itta.



4. joon. Taevaskera.



5. joon. Taeva koordinaadid.

Lõikame taevaskera tasapinnaga, mis on paralleelne ekvaatoriga, kuid ei lähe mitte läbi vaatleja silma. Siis saame lõikejoonena nn. **taevaparalleelid** ehk **-rööbikud** (eq, e_1q_1 jne.), mille tasapinnad on risti maailma-teljega; kõik tähed liiguvad oma ööpäevases liikumises paralleelselt ekvaatoriga, moodustades 24 tähetunni jooksul taevaskerale ringid.

Ühes taevaskeraga ümber maailma-telje ringi käies jõuavad tähed kõige kõrgemasse (vastavalt madalamasse) asendisse horisondi suhtes siis, kui nad asetsevad meridiaani-tasapinnas. Nimetame tähe meridiaanist läbimineku momenti tema **kulminatsioonimomendiks**. Neid on kaks: ülemise (kõrgeim asend) ja alumise (madalaim asend) kulminatsiooni moment.

Tähe (T) asendi määramiseks taevaskeral tarvitatakse nn. **taeva-koordinaate** — deklinatsiooni ja otsetõusu, mis on analoogilised geograafilise laiuse ja pikkusega maapinnal. Deklinatsioon (δ) määrab

tähe kauguse taeva ekvaatorist (põhja või lõuna poole kuni 90°-ni), otsetõus (α) — kauguse kevadepunktist (ainult ida poole kuni 360°-ni ehk 24 tunnini).

1. Millal on (ligikaudu) Päike ülemises ja millal alumises kulminatsioonis?

2. Tähe ülemise kulminatsiooni moment on k. 9 öhtul. Millal on see täht alumises kulminatsioonis?

3. Ehita aeda või õue sirgeist teibaist mudel, kus on ära tähendatud maailma-telje, ekvaatori, keskpäeva-joone jne. sihid!

4. Missuguses taevaskera kohas on tähtede öö-päevane liikumine kõige kiirem?

7. Taevaskera pöörlemise seletamine. . Otseste vaatluste abil oleme loonud kujutluse taevaskerast, millele on kinnistatud lõpmatu hulk tähti ja mida mööda liiguvad Päike, Kuu, planeedid ning teised taevakehad. Taevaskera ühes kõigi temal näha olevate taevakehadega ei püsi paigal, vaid pöörleb maailma-telje ümber idast läände. Nüüd tõuseb küsimus, kas tõepoolest taevaskera ühes kõigi taevakehadega pöörleb idast läände või toimub looduses tõeliselt midagi muud, mille tõttu meile ainult paistab, nagu pöörleks taevaskera. Kas pole taevaskera pöörlemine maailma-telje ümber suurepärane looduse illusioon, mis kõiki Maa elanikke — harituid ja harimatuid — ühtviisi valdab? Tunneme ju igapäevsest elust nii mõndki liikumisillusiooni ehk -meelepetet, näiteks: jaamas seisavad kaks rongi; naaberrong hakkab liikuma, meie jääme paigale; seejuures paistab sageli, nagu liiguksime meie ning naaberrong seisaks paigal; ainult lähedal seisvate asjade (majad, telegraafitulbad jne.) tähelepanemine vabastab meid illusioonist.

1. Missugune illusioon tekib sagedasti, kui rong, kus meie asume, tähelepandamatult hakkab liikuma ja naaberrong jääb paigale?

2. Liikumisillusiooni näitena tee järgmine katse. Laua ääres istudes toeta käsi küünarnukis lauale, pigista silmad kinni, pane sõrmeots otsaesisele ja pööra pead nõnda, et sõrmeots mööda otsaesist ühelt poolt teisele nihkuks. Kas on tunda vahet võrreldes selle juhuga, kui pea seisab paigal ja sõrmeots liigub?

3. Too veel mõned illusiooni näited!

Juba üksikud vana Kreeka astronoomid (Aristarchos Samosest, III saj. e. Kr., Seleukos, II saj. e. Kr.) avaldasid arvamust, et taevaskera pöörlemist ümber maailma-telje võib seletada Maa pöörlemisega ümber enese telje. Kuid need mõtted ei suutnud leida pinda tolle aja

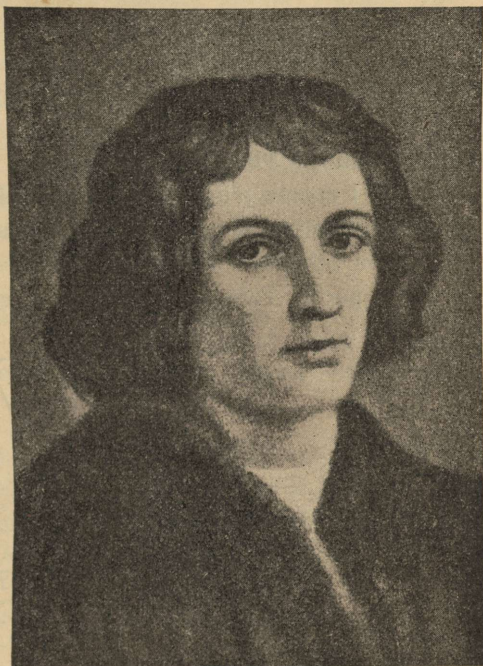
teadusmeeste laiemais ringkonnis ja jäid seetõttu unustusse. Alles uue aja alguses tõi Kopernikus (1473—1543) Maa pöörlemise õpetuse uuesti päevakorrale, seda lähemalt põhjendades.

Kui meil on mitu võimalust taevaskera pöörlemise seletamiseks, siis tuleb valida neist muidugi see, mis on tõenäosem. Oletus, et taevaskera ühes Päikese, Kuu ja tähtedega pöörleks ümber Maa, on vähe tõenäone järgmistel üldistel põhjendustel:

1. Taevakehi on väga palju, nad on suured ning asetsevad meist väga kaugel. Pole loomulik, et lõpmatu hulk kaugeid ja suuri taevakehi pöörleks ümber võrdlemisi tillukese Maa.

2. Kõigi kinnistähtede pöörlemisperiood on ühepikkune, hoolimata mitmesugusest kaugusest maailmateljest. See oleks liiga kunstlik korraldus kauguse ja aja suhtes.

Nikolai Kopernikus, poola astronoom, sündis 19. veebr. 1473. a. Thornis suurkaupmehe pojana. Õppis esiti Krakovi ülikoolis, pärast Itaalias, Bologna, Padua ja Ferrara ülikoolis õigus- ja arstiteadust, ühtlasi ka matemaatikat, astronoomiat ja kreeka keelt. Lõpetas õppimise a. 1503 kirikuõiguse doktori kraadiga. Oli lühikest aega oma onu, piiskop Watzelrode ihuarstiks, pärast oma surmani (24. veebr. 1543) Frauenburgis toomkiriku vaimulikuks. Pühendas kogu oma vaba aja täheteadusele. Tema elutöö „De Revolutionibus Orbium Coelestium“ („Taevastähtede pöörlemisest“) ilmus trükist pisut aega enne ta surma.



6. joon. Nikolai Kopernikus (1473—1543).

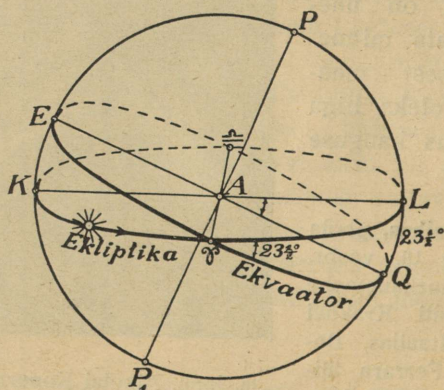
Eelnimetatud taevaskera pöörlemise seletamisel tekkinud raskused kaovad, kui asume seisukohale, et Maa ei püsi paigal, vaid pöörleb vurrisarnaselt enese telje ümber.

Kopernikusel ei olnud võimalik esitada ühtegi katselist tõendust

Maa pöörlemise kasuks, sest need olid tol ajal veel tundmatud. Kopernikuse suurimaks argumendiks oli tema seletuse lihtsus ja loomulikkus. Alles hulk aega hiljemini avastati looduses kui ka katselisel teel rida nähtusi, mis end ainult Maa pöörlemise abil lihtsasti seletada annavad ja seetõttu on tõenduseks, et Maa pöörleb. Siia kuuluvad Foucault' pendlikatse, vabalt langevate kehade hälve ida suunas ja teised.

III. Päikese näiv aastane liikumine ja aastaajad.

8. Kuu ja Päikese omaliikumine tähtede keskel (taevaskeral). **Ekliptika.** Paneme tähele, missuguse heledama kinnistähe või planeedi läheduses asetseb Kuu täna. Sama vaatlust homme korrates näeme, et Kuu on nihkunud öö-päeva jooksul oma endisest asendist tublisti (13°) ida poole. Tähendab, Kuu ei seisa kinnistähtede suhtes paigal,



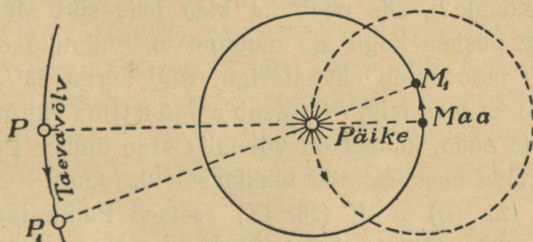
7. joon. Ekliptika.

vaid liigub kaunis kiiresti ida suunas. Terasemalt tähele pannes võime Kuu liikumist tähtede keskel märgata ka juba ühe tunni jooksul ($1/2^\circ$). Vaatlused näitavad, et ka Päike nagu Kuugi ei püsi taevaskeral paigal, vaid nihkub järjest paremalt vasemale poole, tehes aasta jooksul täie ringi. Meil on raske Päikese liikumist tähtede keskel otseselt tähele panna, sest meie ei näe tähti päeval. Küll aga võime otseselt jälgida neid tähti, mis asetsevad taevaskeral Päikesele otse vastasasendis ja kulmineeruvad seetõttu k. 12 öösi. Kui Päike püsiks

tähtede keskel paigal, siis peaksid antud kohas iga päev k. 12 öösi kulmineeruma (asetsema meridiaanil) samad tähed. Vaatlused aga näitavad otse vastupidist. Kui näiteks paneme tähele, et täna k. 12 öösi kulmineerub mõni täht, siis homme samal ajal kulmineerub täht, mis asetseb eelmisest ligi 1° võrra ida pool. Selle nähtuse põhjuseks on asjaolu, et Päike ise on tähtede keskel sama võrra (1°) edasi nihkunud ida suunas. Ja nõnda päevast päeva. Täpsate vaatluste tulemused näitavad, et Päikese liikumise tee taevaskeral ehk nn. **ekliptika** moodustab suure ringjoone $K\wedge L$ (7. joon.), mis lõikub ekvaatoriga (EQ) $23\frac{1}{2}^\circ$ nurgi. Päikese liikumine ekliptikal toimub vastupidises suunas taevaskera pöörlemise suunale (vastu päeva, läänest itta). Kevadisel pööripäeval (21. märtsil) asetseb Päike ekliptika ja ekvaatori lõikepunktis, nn. **ke v a d e p u n k t i s** (\wedge), jätkates sealt liikumist noole suunas. Tagasi kevadepunkti jõuab Päike järgmise aasta kevadiseks pööripäevaks (21. III).

1. Joonesta ekliptika ja ekvaator ning tähista, kus kohal (ligikaudu) asetseb Päike täna (või 21. apr., 6. mail, 20. juulil, 10. okt., 25. jaan.)! Leia joonise abil nendele päevadele vastavad Päikese koordinaatide suurused!

9. Päikese näiva aastase liikumise seletus. Nägime, et Päike liigub taevaskeral tähtede keskel mööda nn. ekliptikat, tehes täisringi ühe aasta jooksul. Päikese mööda ekliptikat liikumist võime seletada, oletades, et Maa (M) seisab paigal ja Päike (P) tiirleb

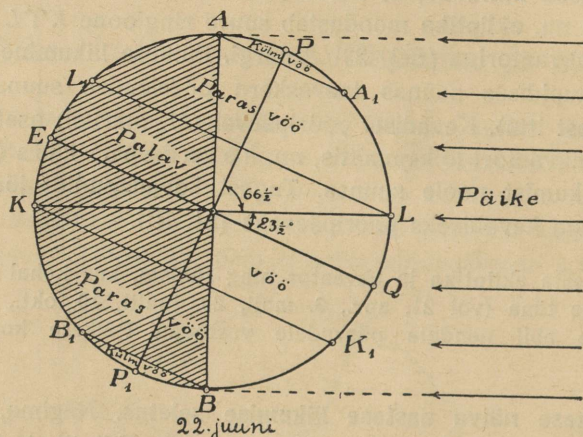


8. joon. Päikese näiv liikumine seletub Maa tiirlemisega.

ümber Maa (punktiirring) ning seetõttu paistab meile, et Päike liigub taevaskeral tähtede keskel. Kuid sama nähtuse võime ära seletada ka otse vastupidise oletuse abil, nimelt: Päike seisab paigal ja Maa tiirleb ümber Päikese ning meie, muutes Maa liikumisel enese asendit, näeme Päikest taevaskeral järjest uutes asendites. Nagu 8. joonisest

näha, on mõlemal juhul liikumissuund ühesugune. Esimest oletust tarvitasid vanaaja astronoomid (Ptolemaios), teise seletusviisi põhjendajaks oli Kopernikus. Silmas pidades Päikese suurust (ainult suur keha võib anda sel määral soojust ja valgust kui Päike), on küll loomulikum oletada, et väike Maa tiirleb ümber suure Päikese, mitte aga ümberpöördult.

10. Aastaajad. Taevaskera öö-päevase pöörlemise seletamisel nägime, et maailma-telje siht pole õieti muud midagi kui Maa pöör-



9. joon. Maa telg moodustab ekliptikaga nurga $66\frac{1}{2}^{\circ}$.

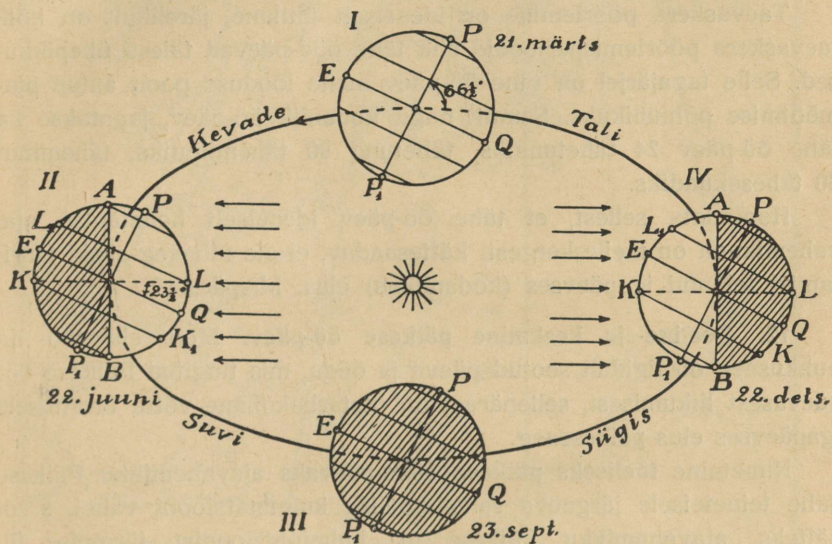
lemistelje sihti. Et aga maailma-telg oma sihti ruumis ei muuda (mil-
lest seda järeldame?), siis peab ka Maa telje siht Maa tiirlemisel
ümber Päikese püsima kogu aja muutumata. Ekliptika ehk Maa tee
tasapind (KL) moodustab ekvaatoriga (EQ) nurga $23\frac{1}{2}^{\circ}$ (9. joon.).
Sellest järgneb, et Maa telg, PP_1 , peab moodustama ekliptikaga nurga
 $66\frac{1}{2}^{\circ}$. Vaatame nüüd, kuidas on võimalik Maa ümber Päikese tiirle-
mise abil seletada aasta-aegade tekkimist (10. joon.).

Asendis I (21. III) ja III (23. IX) asetseb Päike taevakvaatori
tasapinnas ja selle tõttu valgustab ning soojendab täiesti ühtviisi
Maa põhja- kui ka lõuna-poolkera. Siis on kogu maakeral päev ja
öö ühepikkused, kumbki 12^h .

Asendis II (22. VI) on Päike taevaskeral kõige kaugemal põhja
pool ekvaatorit ($23\frac{1}{2}^{\circ}$). Siis on Maa põhja-poolkera kõige rohkem
valgustatud ning põhja-polaarvöös kestab päev üle 24^h , lõuna-polaar-
vöös aga öö. Päike asub seniidis $23\frac{1}{2}^{\circ}$ p.-l., s. o. vähi-pöörjoonel.
See on suve algus põhja- ja talve algus lõuna-poolkeral.

Samuti võime näidata, et asendis IV (22. XII) saab Maa põhja-poolkera Päikeselt kõige vähem valgust, siis algab talv.

Ilmade tähelepanek näitab, et kõige soojem ilm ei ole mitte siis, kui Päikese kulminatsiooni kõrgus on kõige suurem, vaid umbes kuu aega hiljemini. Samuti on lugu ka kõige külmema ajaga. Aasta



10. joon. Aastaegade tekkimine.

jagamisel nn. aasta-egadeks on võetud aluseks Päikese asendi muutumine taevaskeral, nimelt: kevadeks nimetame aasta-aega, mille jooksul Päike liigub ekvaatorist oma kõige kaugema asendini ($23\frac{1}{2}^{\circ}$) taeva põhja-poolkeral, suveks — aega, mille jooksul Päike oma kõige kaugemast asendist jõuab uuesti ekvaatorile, sügiseks aega, mille jooksul Päike liigub ekvaatorist kõige kaugemasse asendisse taeva lõuna-poolkeral ($23\frac{1}{2}^{\circ}$), talveks aega, mille jooksul Päike oma kõige kaugemast lõunapoolsest asendist jõuab tagasi ekvaatorile.

IV. Ühtlusaeg ja kalender.

11. **Tähe õöpäev.** Paneme tähele, mis kella ajal läheb mõni täht üle kindla vaatesuuna täna; olgu see näiteks k. 8 õhtul. Sama nähtust homme tähele pannes näeme, et üleminek toimub ligi 4 min. varemini,

s. o. k. 7,56. Et täht ei ole muutnud oma asendit taevavõlvil teiste tähtede suhtes, siis järeldame, et ajavahemik, mille jooksul teeb täht ühe täistiiru, s. o. $23^h 56^m$, võrdub ajavahemikuga, mille jooksul teeb täistiiru taevaskera. Nimetame ajavahemikku, mille jooksul taevaskera teeb ühe täistiiru, tähe **ööks-päevaks**.

Taevaskera pöörlemine on ideaalselt ühtlane, järelikult on kõik taevaskera pöörlemisperioodid ehk tähe ööd-päevad täiesti ühepikkused. Selle tagajärjel on tähe öö-päev meile looduse poolt antud ajamõõtmise põhiühikuks. Samuti nagu kodanlik öö-päev, jagatakse ka tähe öö-päev 24 tähetunniks, tähetund 60 täheminutiks, täheminut 60 tähesekundiks.

Hoolimata sellest, et tähe öö-päev ideaalselt konstantse ajavahemikuna on meile kergesti kättesaadav, ei ole tähe aeg siiski tarvitamist leidnud igapäevses (kodanlikus) elus. Mispärast?

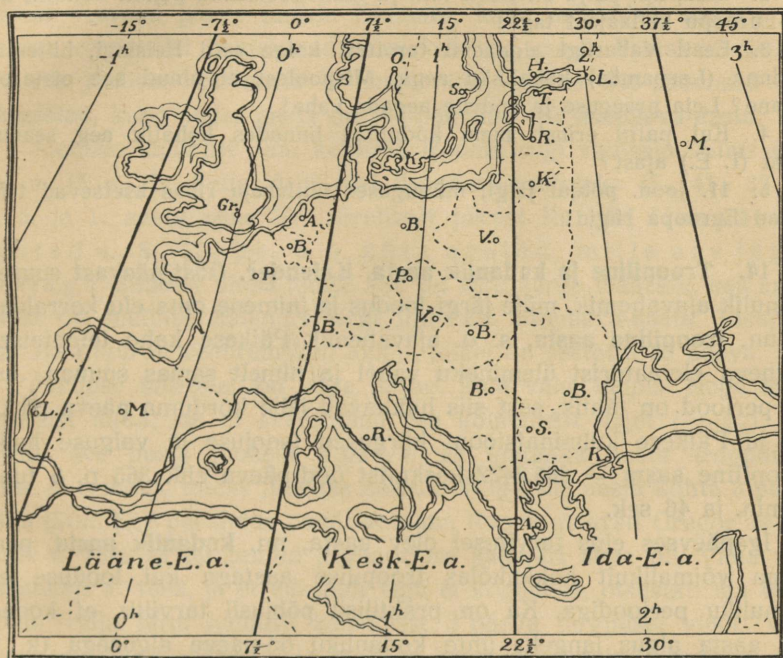
12. Tõeline ja keskmine päikese öö-päev. Meie elu töö- ja puhkusaeg on ligidalt seotud päeva ja ööga, mis tingitud Päikese ööpäevasest liikumisest, sellepärast on otstarbekohane võtta tarvitusele igapäevses elus päikeseaeg.

Nimetame **tõeliseks päikese ööks-päevaks** ajavahemikku Päikese kahe teineteisele järgneva samanimelise kulminatsiooni vahel, s. o. näiteks ajavahemikku Päikese ül. kulminatsioonist järgmise ül. kulminatsioonini. Kahjuks ei ole kõik tõelised päikese ööd-päevad võrdsed (põhjus: Päike ei püsi taevaskeral paigal, vaid liigub, pealegi ebahõltselt); sellepärast ei kõlba tõeline päikese öö-päev ajamõõtmise ühikuks. Küll aga sobib selleks nn. **keskmine päikese öö-päev**, s. o. aritmeetiline keskmine kõigist tõelistest päikese öödest-päevadest ühe aasta jooksul. Keskmine päikeseaeg ongi võetud tarvitusele igapäevses elus. Keskmine päikese öö-päev jagatakse 24 tunniks, tund 60 minutiks, minut 60 sekundiks.

13. Kohalik ja ühtlusaeg. Kui näiteks Tartus raekoja kell lööb lõunal 12 ja samal momendil Päike (õigemini keskmine Päike) asetseb otse lõunas ehk, nagu öeldakse, kulmineerub, siis Tartu raekoja kell näitab Tartu kohalikku aega. Ainult samal meridiaanil asetsevail punktel on sama kohalik aeg. Et taevaskera pöörleb idast läände, siis on näiteks Tartu kohalik aeg Tallinna kohalikust ajast ees, Narva kohalikust ajast taga, jne.

Praktilistel põhjustel, liiklemise hõlbustuse otstarbel, ei ole soovitatav, et iga koht võtaks tarvitusele oma kohaliku aja. Sellepärast on

harilikult kogu riigis tarvitusel sama aeg, mis on kohalikuks ajaks ainult teataval kohal. Praegusel ajal on veelgi kaugemale mindud riikidevahelise liiklemise hõlbustamisel aja suhtes ja võetud tarvitusele nn. **ühflusaeg**. Selle järgi on aja tarvitamine korraldatud järgmiselt. Üksteisest 15^o eemal seisvate meridiaanidega on Maa pind jagatud



11. joon. Ühtlusaegade ribad.

ribadeks, mille laius on 15 geogr. pikkuskraadi. Igal ribal on tarvitusel selle riba keskmeridiaani kohalik aeg. Nii näiteks on Greenwichi meridiaani kohalik aeg tarvitusel ribas, mis ulatub Gr-ist 7½^o ida ja niisama palju lääne poole (11. joon.). See on nn. Lääne-Euroopa kellaeg.

Järgmises ribas kehtib nn. Kesk-Euroopa kellaeg, mis on Greenwichi ajast 1^h võrra ees. Veel järgmises ribas on tarvitusel nn. Ida-Euroopa kellaeg, mis on Gr-i ajast 2^h ees, jne.

Vabariigi Valitsuse määrusega 27. apr. 1921 on meil 1921. a. 1. maist alates kogu vabariigis tarvitusel Ida-Euroopa kellaeg. Ta on Tartu kohalikust ajast 13 min., Tallinna kohalikust ajast 21 min. võrra ees.

Ida-Euroopa kellaeg on tarvitusel ka meie naabermais Soomes ja Lätis, kuna Rootsisis, Leedus, Poolas, Saksamaal, Austrias tarvita- takse Kesk-Euroopa aega.

1. Nimeta hõlbustused ühtlusaja tarvitamisel!
2. Leia, kui palju on Eesti ida- ja läänepoolseima punkti kohalik aeg Ida-Euroopa kellaajast taga!
3. Eesti Vabariigi algpäevil tarvitati kõige esiti Helsingi, hiljemini Tallinna (Lasnamäe) kohalikku aega. Mispoolest ei olnud see otstarbe- kohane? Leia praeguse ja endiste aegade vahe!
4. Kui palju erineb meie kodumaa linnades kohalik aeg seadus- likust (I. E.) ajast?
5. 11. joon. põhjal jälgi, missuguses ühtlusaja ribas asetsevad täht- samad Euroopa riigid!

14. Troopiline ja kodanlik aasta. Kalender. Ööst-päevast suurem loomulik ajavahemik, mille järgi loodus ja inimene oma elu korraldab, on nn. **troopiline aasta**, s. o. ajavahemik Päikese kahe teineteisele järgneva ekvaatorist ülemineku vahel ja nimelt samas suunas. Just see periood on tähtis, sest siis hakkavad jälle korduma päeva pikku- sed ja Päikese kulminatsiooni kõrgused (soojuse ja valguse hulk). Troopiline aasta = 365,2422 keskmist ööd-päeva ehk 365 p. 5 tundi 48 min. ja 46 sek.

Igapäevses elus tarvitusel olev aasta, nn. **kodanlik aasta**, peab olema võimalikult kokkukõlas troopilise aastaga kui looduse elu loomuliku perioodiga. Ka on praktilisil põhjusil tarvilik, et kodan- liku aasta algus langeks ühte kodanliku öö-päeva algusega (k. 12 öösi). Mispärast? Need praktilised nõuded teevad kodanliku aasta korraldamise kaunis raskeks. Kodanliku ajaarvamise ehk kalendri korraldamiseks on tehtud väga palju ettepanekuid, millest suuremal määral tarvitamist on leidnud kaks: juuliuse ja gregooriuse kalender.

15. Juuliuse ja gregooriuse kalender. Troopiline aasta (365,2422) ei väljendu täpsalt keskmistes öödes-päevades. Seepärast tuleb kodan- liku ehk kalendriaasta pikkuseks võtta mõni ümmargune arv, mis troopilise aasta pikkusele kaunis lähedal. Lahutame sel otstarbel troopilise aasta pikkuse päevades reaks järgmiselt:

$$\begin{aligned}
 365,2422 &= 365 + 0,24 && + 0,0022 \\
 &+ 0,01 - 0,01 + 0,0003 - 0,0003 \\
 \hline
 365,2422 &= 365 + 0,25 - 0,01 + 0,0025 - 0,0003 \\
 &= 365 + \frac{1}{4} - \frac{3}{400} - 0,0003
 \end{aligned}$$

Juuliuuse kalendri järgi on võetud kodanliku aasta pikkuseks saadud arendusrea kaks esimest liiget, s. o. $365\frac{1}{4}$ keskmist ööd-päeva, kuna viimased liikmed ($-\frac{3}{4} \frac{0}{0} - 0,0003$) on jäetud hoopis tähele panemata. Sellega on kodanlik aasta troopilisest pikem. Et aasta algus langeks alati ühte öö-päeva algusega, jäetakse kolmele aastale järjest veerand päeva juurde lisamata, kuna neljandale aastale üks neljast veerandist kogunenud päev korruga juurde lisatakse. Sellega on siis juuliuuse kalendris 3 aastat järgemööda 365-päevased ehk **lihtaastad**, kuna neljas aasta on 366-päevane ehk **lisapäeva-aasta**.

Juuliuuse kalendri pani kehtima Rooma riigi valitseja Julius Caesar a. 45 e. Kr. Selle järgi olid lisapäeva-aastateks 45., 41., 37.,... 9., 5. ja 1. aasta enne Kr. Järelikult pärast Kr. olid lisapäeva-aastad 4., 8., 12., jne., s. o. kõik aastad, mille arv jagub neljaga. Saadud lihtsa juhise abil on alati kerge määrata, kas antud aasta on juuliuuse kalendri järgi liht- või lisapäeva-aasta. Lisapäev lisatakse juurde veebruarikuu lõppu, millel on seetõttu 29 päeva.

Juuliuuse kalender on väga lihtne, kuid vähe täppis. Nagu arendusreast näha, me ei arvestanud rea kolmandat liiget ($-\frac{3}{4} \frac{0}{0}$), mis annab 400 aasta jooksul 3 päeva. Et kodanlik aasta troopilisest mitte ei erineks, tuleks juuliuuse kalendrist iga 400 aasta kohta 3 päeva välja jätta. See parandus pandi kehtima Rooma paavsti Gregorius XIII poolt a. 1582 ja on tuntud gregooriuse kalendri nime all. Vana viga parandati a. 1582, ja et edaspidi viga ei koguneks, otsustati iga 400 a. kohta välja jätta juuliuuse kalendrist 3 päeva järgmisel viisil. Vana viga parandamise tõttu võis juuliuuse kalendrit õigeaks lugeda a. 1600 (täpsamini õieti a. 1582, mis aga 1600 vähe erineb). Et nüüd 400 aasta jooksul tuleb välja jätta 3 päeva, siis on muidugi otstarbekohane need väljajäetud päevad 400 aasta kohta enam-vähem ühtlaselt ära jagada. Lihtsa reegli saamiseks otsustati välja jätta lisapäevad (366-s) neist täis-sajandeist (1700, 1800, 1900, 2100, 2200, 2300, 2500 jne.), kus sadade arv ei jagu neljaga, kuna need täis-sajandid (1600, 2000, 2400 jne.), kus sadade arv jagub neljaga, endiselt lisapäeva-aastaiks jäävad. Sellega saavutati enam-vähem ühtlane 3 päeva väljajätmine juuliuuse kalendrist iga 400 aasta kohta ja reegli lihtsus.

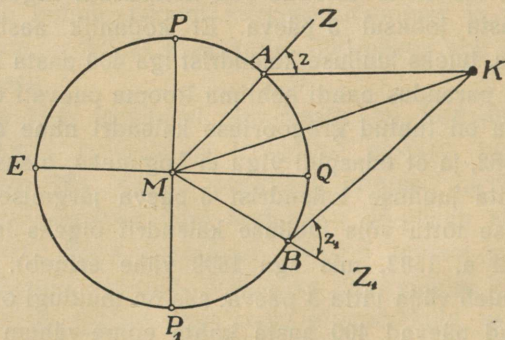
Lühidalt võime kõike eelöeldut kokku võtta järgmiselt: gregooriuse kalender on parandatud juuliuuse kalender. Parandus seisab ainult selles, et loetakse lihtaastaiks kõik need täis-sajandid (aastate arv lõpeb 2 nulliga), mille sadade arv ei jagu neljaga (1700,

1800, 2500 jne.), kuna nad juulise kalendri järgi on lisapäeva-aastad. Kõigi teiste aastate päevade arv on juulise ja gregooriuse kalendri järgi ühesugune.

Määrata järgmiste aastate päevade arv gregooriuse ja juulise kalendri järgi: 2756, 4006, 3500, 6040, 4800, 8020, 2900, 8026, 8400, 3524.

V. Kuu.

16. Üldine iseloomustus. Kuu on meie lähem naaber maailma-ruumis. Ta kauguse Maast võime määrata samal viisil, nagu teevad seda maamõõtjad, kes mõõdavad **kaudselt** mõne juurdepääsetamatu eseme kauguse. Kui, näiteks, maakerapinnal kaks vaatlejat A ja B (12. joon.) samal ajal vaatavad Kuud K , siis paistab ta neile erisuundades AK ja BK . Teades vaatlejate kauguse teineteisest, s. o. AB ja lähisnurgad A ning B , võib kolmnurga ABK abil arvutada Kuu



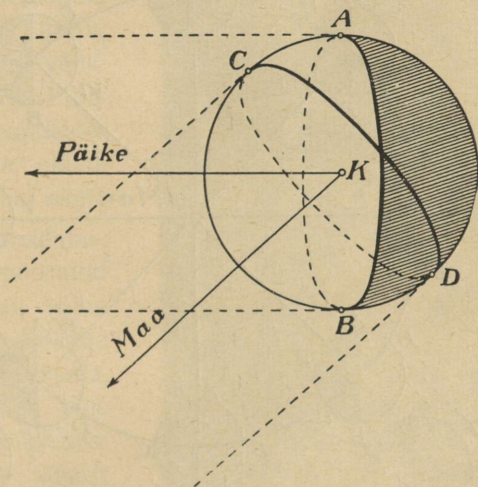
12. joon. Kuu kauguse määramine.

kauguse, mis on keskmiselt 384 000 km ehk 60 Maa raadiust. Sellel kaugusel Kuu tiirleb ümber Maa. Kuu läbimõõt paistab meile keskmiselt nurgi $31'$. Sellest arvutame, et Kuu ruumala on 50 korda Maa omast väiksem. Väiksusest hoolimata on Kuu meile peale Päikese siiski tähtsaim taevakeha, ja nimelt oma läheduse tõttu. Meid huvitab Kuu oma mitmesuguse välisnõoga (faasidega) ja valgusega, mida ta meile saadab. Ka on päikese- ja kuuvarjutused tingitud Kuu liikumisest ümber Maa, samuti annab ennast tõusu ja mõõna tekkimisel eeskätt tunda Kuu mõju.

Kuu ei püsi tähtede keskel paigal, vaid liigub läänest itta sarnaselt Päikesega (vt. § 9). See Kuu nn. omaliikumine on sedavõrt kiire, et teda palja silmaga juba ühe tunni jooksul võib tähele panna ($\sim 1/2^{\circ}$).

17. Kuu faasid. Kuu paistab meile vahel täiskettana, vahel kitsa sirbina jne.; vahel on ta hoopis nähtamatu. Nimetame Kuu mitmesugust välisnägu tema faasideks ja vaatame lähemalt, kuidas need tekivad.

Kuul pole oma valgust, vaid ta peegeldab meile valgust, mis tuleb Päikeselt. Päike on Kuust küllalt kaugel, seepärast võime Kuule



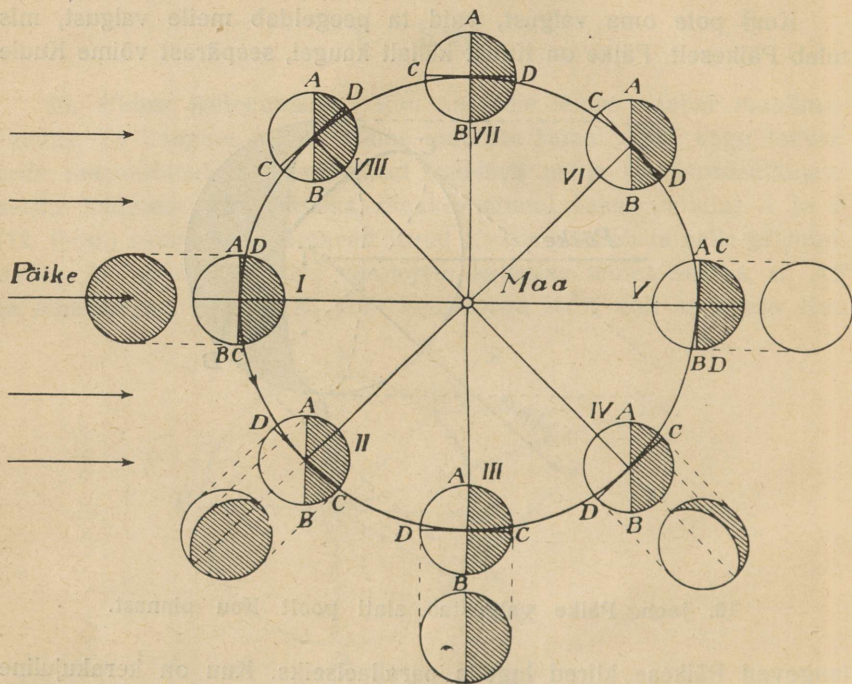
13. joon. Päike valgustab alati poolt Kuu pinnast.

langevad Päikese kiired lugeda paralleelseiks. Kuu on kerakujuline ja paralleelne Päikese kiirte kimp valgustab alati poolt Kuu pinnast (13. joon.), teine pool jääb valgustamata. Muidugi me võime näha Kuust ainult valgustatud osa. Selle järgi, kas Kuu valgustatud pinnast kõik või ainult teatav osa sellest on pööratud Maa poole, näeme meie Maa pealt vaadates Kuud ühel või teisel kujul, ühes või teises faasis.

Jälgime 14. joon. abil Kuu faaside muutumist ühe tiirlemise perioodi jooksul. Asendis I on Kuu otse Päikese ja Maa vahel ehk, nagu öeldakse, ühenduses Päikesega. Siis mõlemad kulmineeruvad samal momendil. Maa poole on pööratud Kuu valgustamatu osa, sellepärast ei näe me siis Kuud. Nimetame selle (I) faasi noor-

kuuks ehk Kuu loomiseks. Asendis II on pööratud Maa poole vähem kui pool Kuu valgustatud osast ja me näeme Kuud kitsa sirbina, mille kumer külg on pööratud Päikese poole. — Asendis III näeme poolt Kuu valgustatud pinda poolringina. Seda faasi nimet. esimeseks veerandiks.

Sedaviisi edasi arutades selgub meile täiskuu (V asendi), viimase veerandi (VII asendi) ja teiste faaside tekkimine.



14. joon. Kuu faasid.

Tuleb kindlasti meeles pidada, et esimene veerand paistab õhtul ja ta kumerus on pööratud lääne poole, viimane veerand paistab hommikul ja ta kumerus on pööratud ida poole.

1. Kui praegusel momendil oleks täiskuu, millal oleks siis viimane veerand, noorkuu jne.?
2. Millal kulmineerub ligikaudu täiskuu?
3. Kas võib Kuu viimasel veerandil kulmineeruda k. 10 õhtul?
4. Mitu tundi (umbes) pärast Päikese loojangut on näha Kuu esimesel veerandil?

5. Millal umbes tõuseb täiskuu ja millal läheb ta looja? Vasta eelmine küsimus esimese ja viimase veerandi kohta!
6. Missugusena paistaks Kuu elanikele Maa? Kuidas vastaksid Kuu faasid „Maa faasidele“?
7. Katsu lambi (kүүnla) ja niidikera abil kujutada Kuu faase!
8. Missugusel geogr. laiusel võib Kuu kulumineeruda seniidis?
9. Kumb taevakeha — Päike või Kuu — käib praegu kõrgemalt?

18. Kuu pinna ehitus. Teraselt vaadeldes võime tähele panna Kuu kettal tumedamaid ja heledamaid kohti, mis annavad Kuu välisnäole kindla ilme. Pikeemat aega vaadeldes näeme, et Kuu näitab meile alati sama nägu.

Sellest järeldame, et Kuu on pööratud Maa poole alati sama küljega. Selle tõsiasja seletuseks tuleb oletada, et Kuu pöörleb telje ümber ja pöörlemisperiood võrdub täpsalt tiirlemisperioodiga.

Kõnni ümber tooli nõnda, et nägu oleks pööratud alati tooli poole! Võrdle seda liikumist Kuu liikumisega ümber Maa!

Pikksilma läbi vaadates kaob Kuul tema harilik välisilme täiesti, kuid ühtlasi ilmub selle asemele

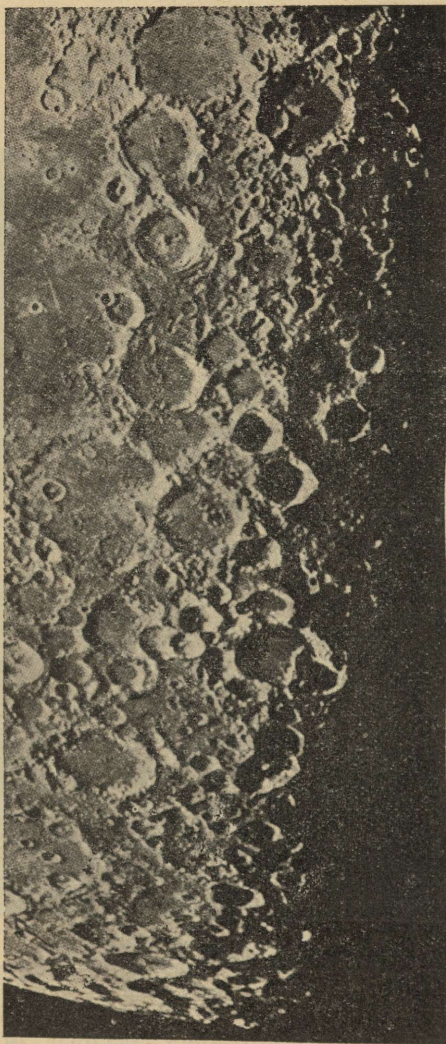


15. joon. Kuu üldvaade (1. veerandi faas).

(15. joon.) hulk peenusi- ja üksikasju.

Suure osa Kuu pinnast moodustavad tumedamad tasase pinnaga alad ehk nn. „mered“, sest varemal ajal peeti neid tõelisiks veekogudeks. Muu osa Kuu pinnast aga on väga ebatasane ja konarlik. Võib näha tuhandeid kõrgmikke, mis heidavad teravate piirjoon-

tega tumedaid varje. Varjupiir (terminaator), mis lahutab Kuu pinna valgustatud ja valgustamatut osa, paistab olevat sakiline, mis samuti tõendab pinna konarlikkust.



16. joon. Kuu maastik.

Kõrgmikud ehk mäed Kuu pinnal ei esine pikkade ahekkudena nagu Maa peal, vaid üksikult, eraldatult, ehk nad küll vahel suurel arvul tihedalt rühmituvad üksteise ligidal. Kuu mäed võrreldes Kuu suurusega (3470 km) on „kõrgemad“ kui Maa mäed; mägede kõrgust võib mõõta nende varju pikkuste abil.

Tüüpilised Kuu pinnavormi moodustised on nn. rōngasmäed, mis elavalt meenutavad vulkaanide kraatreid Maa peal (16. joon.). Nad koosnevad ringikujulisest vallist, mille seespool asetseb süvend. Viimase keskpaigas on tihti kungas või teravik. Väiksemaid rōngasmägesid, mille läbimõõt on kuni 5 km, kutsetakse kraatreiks, suuremaid — tsirkideks. Rōngasmägede arv on mitukümend tuhat.

Suurte pikksilmade abil võib Kuul mitmes kohas tähele panna tumedaid jooni, mis vahel suurel ulatusel lõikavad „meresid“, mägede rühmi ja koguni üksikuid kraatreid. Need on nähtavasti suured lõhed või mōrad Kuu pinna sees, mille laius on umbes 1—2 km.

Täiskuu ajal paistab Kuu pinnal mõnes kohas rohkesti heledaid sirgeid jooni, mis kiirte pärjana ümbritsevad mõnd kraatrit või

tsirki (näit. Tycho). Nad tekitavad mulje, nagu esitaksid nad mõnesuguseid väljapurseste produkte (vulkaaniline tuhk), mis on langenud Kuu pinnale.

Kõik eespool-kirjeldatud moodustised annavad tunnistust sellest, et meie Maa kaaslaste pind kannab suurte ja ägedate geoloogiliste vapustuste jälgi.

19. Kuu loodus. Kuul pole õhk- ja vesikonda nagu Maal. Seda tõendavad mitmesugused nähtused:

1. Kuu liikumisel ümber Maa juhtub mõnikord, et ta läheb mõne tähe ette ja katab ajutiseks selle; seejuures täht kustub ja ilmub jälle uuesti äkitselt, silmapilkselt; see tõendab, et Kuu ümber pole märgatavat õhkkonda, mis neelaks sellest läbitungivat tähe valgust.

2. Varjude piirjooned Kuu peal on teravad, selged, millest järeldub, et seal pole hämariku nähtusi, mida tekitab õhkkond.

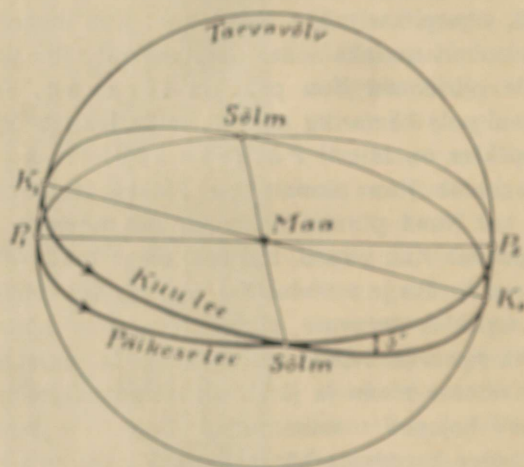
3. Kuu spekter on täiesti Päikese spektri sarnane; valgus, mis peegeldub Kuu pinnalt, on Päikese muutumatu valgus; seda poleks, kui Kuud piiraks õhkkond, mis neelaks Päikese kiiri.

Ka vesi puudub Kuu pinnal. Kui seal oleks tunduval määral vett, siis muutuks see auruks ja moodustaks veeauru õhkkonna. Kuu pinnamoodustised on kõik teravate piirjoontega, mis näitab, et nende kallal pole õhk ega vesi teinud murendamis- ja uuristustööd. Nähtavasti on Kuu väikese massi ja järelikult nõrga külgetõmbe tagajärjel õhkkond temalt hajunud maailmaruumi. Õhkkonna puudumine tekitab Kuu peal kõige karedama kõrvekliima. Päeval, mis kestab 2 meie nädalat, võib pinna temperatuur tõusta umbes saja kraadini, ööl aga, mis vältab niisama palju aega, langeb ta niisama palju alla. Tuule, pilvede, niiskuse, hämariku ja taevasina puudumine seejuures tekitab mulje täiesti surnud maailmast.

VI. Päikese- ja kuuvarjutused.

20. Varjutused. Kuuvarjutuse all mõeldakse nähtust, kus Kuu ümber Maa liikudes läheb täiskuu ajal Maa varju ja muutub meie kas osaliselt või täiesti nähtamatuks (18. joon.), kuna päikesevarjutuse puhul Kuu, asetudes Päikese ja Maa vahele, katab kinni meie eest Päikese (21. joon.). Muidugi on kuuvarjutus võimalik ainult täiskuu ja päikesevarjutus noorkuu ajal. Kuid meie teame ka, et kuu-

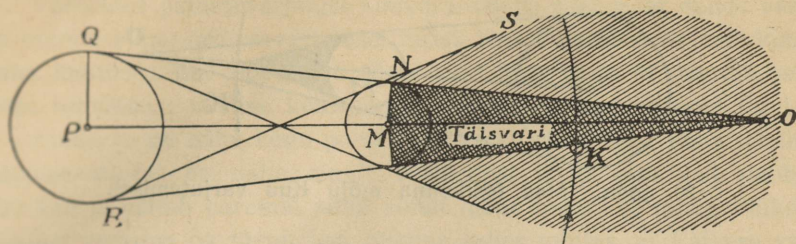
ja päikesevarjutused ei juhtu mitte iga täis- ja noorkuu ajal. Selle põhjus peitub asjaolus, et Kuu ei tiirle ümber Maa mitte ekliptika tasapinnas, vaid Kuu tee moodustab ekliptikaga umbes 5° -se nurga (17. joon.). Seetõttu võib täiskuu ajal Kuu Maa varju koonusest ühelt või teiselt poolt mööda minna, samuti võib Kuu varju koonus noorkuu ajal Maad mitte kohata. Järelikult on varjutused võimalikud ainult siis, kui kõik kolm keha — Maa, Kuu ja Päike — asetsevad enam-vähem samal sirgel. See tingimus on täidetud, kui täis- ja noorkuu ajal Kuu asetseb ekliptika ja Kuu tee lõikesihi ehk nn. sõlmede joone lähedal.



17. joon. Sõlmpunktid.

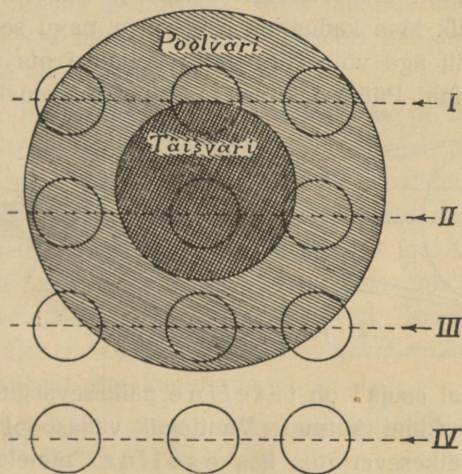
Kõigi eelmiste tingimuste täitumisel jääks kuu- (või päikese-) varjutus ikkagi tulemata, kui Maa (või Kuu) varju koonuse pikkus oleks lühem Kuu tee raadiusest. Siis läheks Kuu Maa varjust alati mööda ja varjutus jääks tulemata. Lihtsad arvutused näitavad, et Maa varju koonus on keskmiselt 1 384 000 km, Kuu varju koonus aga 370 000 km pikk. Mida järeldame sellest?

Varju koonusest siin rääkides mõtlesime ainult täisvarju, jättes nn. poolvarju hoopis kõrvale. Saadud arvud näitavad, et Maa varju koonus on umbes üks miljon km Kuu tee raadiusest pikem, kuna Kuu varju koonus keskmiselt vaevalt ulatub Maani. Ainult juhul, kui Kuu asetseb Maale kõige lähemal, on Kuu varju koonus pisut pikem kui Kuu kaugus Maast.



18. joon. Kuu varjutamine.

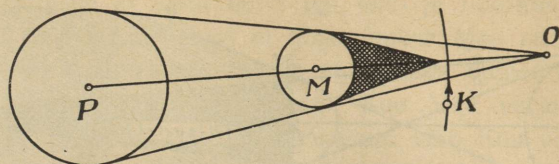
21. **Kuuvarjutused.** Olgu Maa täis- ja poolvarju koonuse läbilõige Kuu kaugusel Maast kujutatud 19. joon. tumedama ja heledama viirutusega. Mitmesugused varjutuse juhud olenevad sellest, kuidas asetseb Kuu tee Maa varju koonuse suhtes. Nagu 19. joon. näha, on I juhul kuuvarjutus osaline, sest ainult osa Kuu pinnast satub Maa täisvarju, II juhul on varjutus täieline, III juhul läheb Kuu ainult



19. joon. Kuuvarjutuse juhud.

läbi Maa poolvarju ja seetõttu nõrgeneb Kuu valguse tugevus pisut, kuna IV juhul varjutust ei ole üldse.

Eespool-antud Maa varju koonuse pikkus oli tehtud Maa atmosfääri toimet arvestamata. Tõepoolest on täisvarju koonus lühem Kuu kaugusest Maast, sest Maa õhkkond kui kumer lääts koondab Päikese kiiri Maa taha (20. joon.). Eriti tungivad läbi Maa õhkkonna, niiõelda Maa taha, punased kiired. Selle tõttu ei kao ka täielise



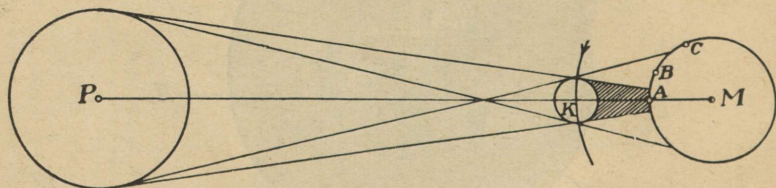
20. joon. Maa õhkkonna mõju Kuu varjutamisel.

varjutuse aegu Kuu hoopis ära, vaid läheb ainult vasekarva tumepunaseks.

1. Missugune on Kuu varjutatud ja varjutamata osa piirjoon? Mida võime järeldada sellest Maa kuju kohta?

2. Kummast äärest — kas ida- või läänepoolsest — algab Kuu varjutamine ja mispärast?

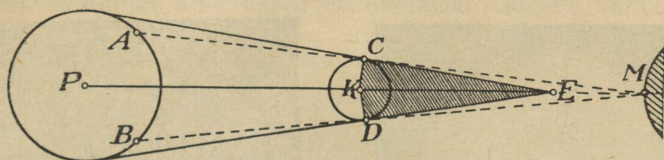
22. Päikesevarjutused. Päikesevarjutuse puhul asetub Kuu Päikese ja Maa vahele ning katab Päikese meie eest kinni (21. joon.). Et Kuu raadius on Maa raadiusest tublisti väiksem (mitu korda?), siis pole võimalik Maa kadumine Kuu varju, nagu see toimub Kuuga Maa varjus. Küll aga võib Kuu varju koonuse ots ulatuda maapinnani ja katta kinni Päikese kitsal maaribal (paremal juhul 100 km).



21. joon. Päikesevarjutus.

Kõigil sellel ribal asujail on täieline päikesevarjutus, sest Kuu on Päikese hoopis kinni katnud. Vaatlejail väljaspool varju koonuse piirkonda on päikesevarjutus kas osaline, nimelt Kuu poolvarju piirkonnas (asend B 21. joon.), või ei ole varjutust üldse näha (asend C 21. joon.). Nagu § 20 nägime, ei ulatu keskmiselt Kuu varju koonus (~ 370 000 km) Maani. Niisugusel korral katab Kuu varju koonuse telje sihis oleval vaatlejal ainult Päikese keskmise osa (22. joon.), kuna Päikese servad jäävad nähtavaks. Niisugust päikesevarjutust nimetatakse rõngakujuliseks, sest siis paistab Päikese serv heleda rõngana, mille keskel asetseb Kuu tume ketas. Täieline päikesevarjutus on võimalik ainult sel juhul, kui Kuu asetseb varjutuse aegu Maale hästi lähedal.

Võrreldes päikesevarjutust kuuvarjutusega näeme, et nende vahel on oluline vahe: päikesevarjutusel katab Kuu Päikese meie eest kinni, kuna kuuvarjutusel läheb Kuu tõepoolest Maa varju ja muutub selle tõttu tumedaks; täieline kuuvarjutus kestab võrdlemisi kaua (umbes $2\frac{1}{2}$ tundi) ja on näha kogu poolel maakeral samal ajal, kuna täieline päikesevarjutus on näha ainult võrdlemisi kitsal maaribal (umbes 100 km) ja vältab paremal juhul ainult mõne minuti (5 min.). Päikese täieline varjutus on tõepoolest täieline selles mõttes, et Päikese var-



22. joon. Rõngakujuline päikesevarjutus.

jutatud osa on hoopis nähtamatu, kuna täielisel kuuvarjutusel Kuu valguse tugevus küll tublisti kahaneb, hoopis nähtamatuks aga Kuu täielise varjutuse aegu harilikult ei muutu.

23. Kuu- ja päikesevarjutuste ennustamine ja sagedus. Kuu ja Maa liikumise teadmine võimaldab nüüdsel ajal täpsalt arvutada varjutuste aega kui ka ulatust mitte üksnes tulevikus, vaid ka minevikus. Juba vanal ajal ennustati varjutusi perioodsuse põhjal, mis valitseb varjutuste kordumisel. Nimelt juhtub iga 18 a. ja 10—11 päeva jooksul 46 päikese- ning 29 kuuvarjutust, mis samas järjekorras ja samade ajavahemikkude järele korduvad. Tarvis ainult 18 aasta jooksul täpsalt üles märkida kõik selles ajavahemikus olnud varjutused, et edaspidiseid ette kuulutada.

Päikesevarjutused on kuuvarjutustest sagedamad, kuid haruldasemad. Mispärast?

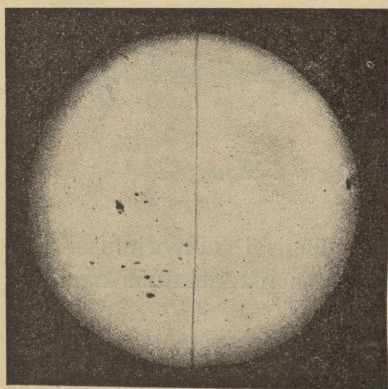
VII. Päike.

24. Päikese suurus ja mass. Päikese kaugus Maast määratakse sama põhimõtte alusel kui Kuu kauguski. Päikese kaugus Maast on 149 500 000 km. Mõõtes nurga, mille all meile paistab Päikese raadius ($16'$), võib kergesti arvutada Päikese tõelist raadiust, mis on ligi 700 000 km. Nõndaviisi on see Maa raadiusest 109 korda suurem,

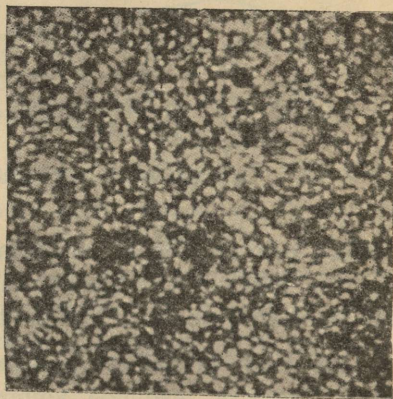
millest järgneb, et Päikese ruumala on umbes 1 300 000 Maa ruumala.

Kui mõelda, et Maa asetseks Päikese sees ta keskpunktis ja Kuu tiirleks ümber Maa, siis Kuu tee mahuks Päikese kera sisse ta poole raadiuse kaugusele keskpunktist (tee endale vastav joonis!).

Sellele vaatamata, et Päike on nii suur, sisaldab ta ainet siiski ainult 330 000 korda enam kui Maa; sellest järeldub, et keskmine tihedus Päikese ainel on 4 korda väiksem kui Maa ainel, mis on



23. joon. Päikese fotosfäär ühes laikudega.



24. joon. Päikese granulatsioon.

5,5 korda veest tihedam. Seega on Päikese aine keskmiselt ainult natuke tihedam veest. Päikese suure massi tõttu on raskustung ta pinnal 28 korda tugevam kui Maa pinnal.

25. Nähtused Päikese pinnal. Päike on kõrge temperatuuriga gaasiline kera, mis paistab meile pimestavalt heleda kettana. Ta helenev pind ehk **fotosfäär** pole ühtlaselt hele (23. joon.), vaid servade pool, nagu näha ülesvõtteil, paistab tumedamana; peale selle suuremas pikksilmas või fotograafiliselt Päikese pind näib kirjuna, just nagu ujuksid heledad terad tumedamal taustal (24. joon.). Seesugust nähtust kutsutakse **granulatsiooniks** (*granula* — tera). Ka võib pikksilma abil Päikese pinnal peaaegu alati tähele panna tumedaid **laike** (23. joon.). Tüüpiline päikeselaik on ümmargune; see koosneb keskmisest tumedast osast ehk nn. **varjust**, mida ümbritseb heledam, hallikas äär, mida kutsutakse **poolvarjuks** (25. joon.). Laik pole absoluutselt tume, vaid ainult Päikese pimestavalt heleda pinna vastu-

olu tõttu seesugune. Kui oleks võimalik kõrvaldada Päikese pinna heledat tagapõhja, siis näiks laik meile ikkagi veel küllalt hele, kuid punakas.

Laikude suurus on mitmesugune. Mõningaid laike võib palja silmagagi näha. Paljude laikude pindala on suurem kui Maa pindala (25. joon.). Suurtel laikudel on kalduvus jaguneda väiksemaiks. Enamasti ilmuvad laigud rühmiti.

Laigud oma kestuselt on mitmesugused. On laike, mis püsivad ainult mõned tunnid, kuid teised on nähtavad nädalate vältel.



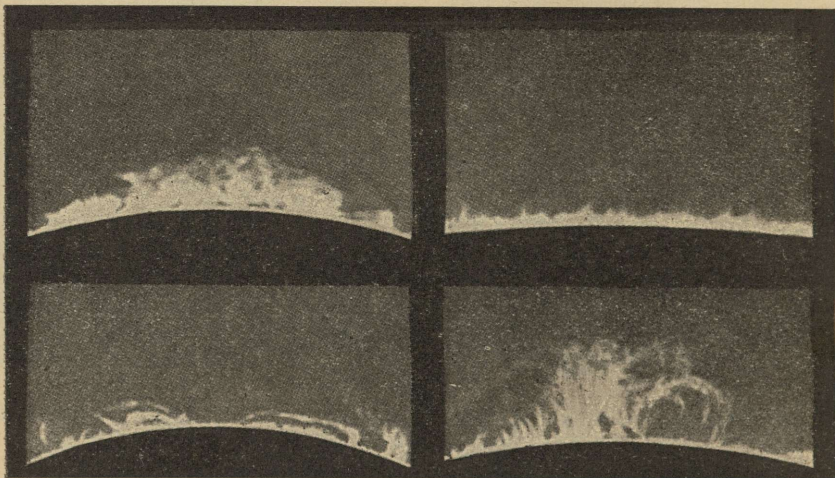
25. joon. Suur Päikese laik.

Laikude kaasas, kuid vahel ka neist eraldi, ilmuvad erilised heledad loited ehk lõkked, nn. faklid. Nad näivad asetsevat üldiselt fotosfäärilisest pinnast natuke kõrgemal ja on sellest heledamad.

Oma olemuselt on Päikese laigud Päikese sisemusest suure rõhumi alt vabanenud pöörlevate gaaside voolud, nagu meie tuulispead, tornaadod või tsüklonid. Kui gaas satub suure rõhumi alt pinnal valitseva madalama rõhu piirkonda, siis ta laieneb seal, hõreneb, ja seetõttu gaasi temperatuur langeb. Tõepoolest, nagu uurimised näitavad, Päikese laigu temperatuur on muu fotosfääri keskmise pinna omast tunduvalt madalam, mis põhjustabki laigu väiksemat kiirgamist, järelkult ka tumenemist.

Päikeselaikudel on ühine samasuunaline liikumine, mis tõendab, et Päike nagu Maakeragi **pöörleb ümber telje**. Järelikult võib rääkida ka Päikese poolustest ja ekvaatorist. Päikese pöörlemisel on huvitav iseärasus, et kogu Päikese kera ei pöörle ühtlaselt kui kõva keha, vaid kui vedel või gaasiline, kusjuures ekvaatoriline vöö teeb ühe tiiru 25 päevaga, kuna pooluste pool see aeg on mõne päeva võrra pikem.

Ehk küll Päikese laike ilmub peaaegu alati, kuid mõnedel aja-
järgkudel ilmub neid iseäranis sageli ja teistel üsna harva. Esimesi



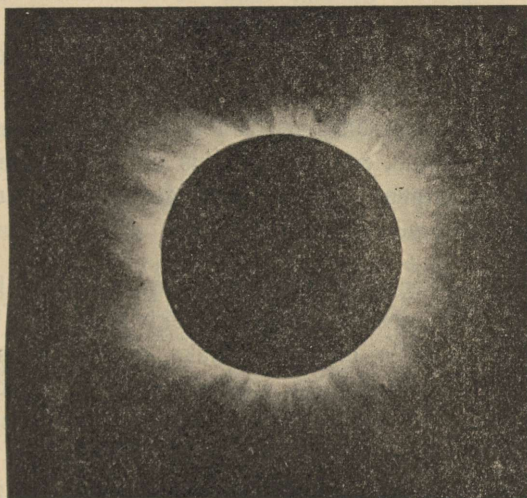
26. joon. Päikese protuberantside ülesvõtteid.

kutsutakse Päikese laikude maksimumideks, teisi — miinimumideks. Kauakestnud vaatluste abil on näidatud, et laikude ilmumise sagedus kordub perioodiliselt. Perioodi kestus on umbes 11 aastat, kusjuures vahel võib esineda tunduvald kõikumisi.

On tehtud kindlaks, et Päikese laigud on seoses magnetitungide tugevate häiretega Maa peal. Ka on teada, et Päikese laikude ilmumine on ühenduses virmalistega. Kui mõni suur Päikese laik asetseb Päikese ketta keskpaigas, siis võib sageli tähele panna virmaliste ilmumist ja nn. magnetitorme, mil magnetnõel näitab järske kõikumisi.

26. Päikese õhkkond. Päikese helendavat pinda ehk fotosfääri ümbritseb hõredamate gaaside kiht, mida kutsutakse kromosfääriks ehk Päikese õhkkonnaks. Seda on kõige parem uurida täielise päikese-

varjutuse ajal, kui Kuu läheb Päikese ketta ette. Kromosfäär koosneb peamiselt vesiniku ja heeliumi kergeist gaasidest ja kaltsiumist gaasilises olekus. Kromosfäär ulatub Päikese pinnalt üle 10 000 km kõrguse ja ta tihedus on õhu tihedusest mitu tuhat korda väiksem. Täielise päikesevarjutuse aegu, kuid erilise riista abil ka muul ajal, võib sageli Päikese servadel tähele panna helenevaid leegitaolisi moodustisi, mida kutsutakse **protuberantsideks** (26. joon.).



27. joon. Päikese kroon.

Nende kuju on väga mitmesugune ja kiiresti muutuv. Kord esinevad nad kui suurepäraseid tulekeeled, -sambad, -pursked või -pöörised, kord aga kui pilved, mis ujuvad rahulikult Päikese atmosfääri kõrgeis kihtides.

Protuberantsid koosnevad vesinikust ja metallide (kaltsiumi, raua) aurust, mis liigub sageli väga suure kiirusega — mõnisada kilomeetrit sekundis. Sellise kiiruse mõjul võivad pursked Päikese pinnalt tõusta väga kõrgele. On koguni nähtud protuberantse suuremal kui Päikese raadiuse kaugusel tema servast, s. o. enam kui 700 000 km eemal Päikese pinnast. Suure liikumiskiirusega on seotud ka protuberantside rutuline kujumuutmine. Enamasti toimub see juba mõne tunni või koguni minutiga.

Protuberantsid ilmuvad enamasti Päikese laikude läheduses; kuid nad võivad esineda ka iseseisvalt ja koguni neil aladel, kus laigud

kunagi ei ilmu, nagu näit. Päikese pooluste piirkonnas. Ka on protuberantsidel nagu Päikese laikudelgi 11-aastane sagedusperiood.

Päikese täielise varjutuse ajal, kui Kuu on asunud Maa ja Päikese vahele ja katnud meie pilkude eest Päikese ketta, võib selle ümber näha omapärast hõbehilgavat kiirelist pärga, mida kutsutakse Päikese **krooniks** (27. joon.). Päikesevarjutuseta pole seni seda suudetud näha. Krooni pindheledus kahaneb kiiresti ühes kaugusega Päikese servast, kuid mõnikord on võimalik olnud seda jälgida Päikese mitme raadiuse kauguseni. Kroon annab meile umbes niisama palju valgust kui täiskuu.

Krooni kuu muutub ühes 11-aastase Päikese tegevuse perioodiga. Maksimumi aastail, mil see tegevus on kõige intensiivsem, on kroon ühtlane; miinimumi aastail näib ta pooluste juures olevat kokku surutud, kitsam.

27. Päikese spekter ja aine koostis. Päikese pindkihi ehituse ja koostise kohta saame teateid Päikese spektrit uurides. Kui vaatame läbi spektroskoobi, mille oluliseks osaks on klaasprisma, Päikese valgust, siis näeme **spektrit**, s. o. vikerkaarestest värvidest (punane, ruuge, kollane, roheline, taevassinine, sinine, violett) koosnevat vööti, mis on läbitud tumedate, nn. **Fraunhoferi joontega**.

Päikese spekter on nn. **neeldumisspekter**. Valguskiired, mis väljuvad Päikese fotosfäärist, tungivad enne meie juurde jõudmist läbi Päikese õhkkonna; viimane neelab mõned kiired, jättes järele tumedad kohad (jooned) spektris. Päikese spektris on avastatud mitu tuhat joont. Paljusid neist oli võimalik samastada tuntud ainete spektrijoontega, mis on tuttavad laboratoorsete katsete põhjal. Nõnda osutus, et Päikese atmosfääri koostises on palju aineid, mis meile on tuntud Maa peal, nagu näit. raud, kaltsium, naatrium, vesinik jt. Lihtaine heelium avastati koguni enne Päikesel kui Maa peal. Päikese laikudes, kus temperatuur on tunduvalt madalam kui mujal fotosfääri piirkonnas, võivad tekkida koguni mõned keemilised ühendid.

28. Päikese kiirgamine ja temperatuur. Päike on palav gaasiline keha, mis levitab kiirgust (valgust, soojust) maailmaruumi. Maa saab sellest energiast ainult väga väikese osakese: $\frac{1}{2\,200\,000\,000}$ ja kõik planeedid ühtekokku umbes $\frac{1}{225\,000\,000}$ osa; kõik muu hulk hajub ruumi laiali.

Päikese kiirgamise hulga ja temperatuuri hindamine on võimalik suuruse abil, mida kutsutakse päikesekonstandiks.

Päikesekonstant on grammkaloreis mõõdetud Päikese soojuse hulk, mis langeb ühe minuti jooksul Maa pinna juures asetsevale ja Päikese kiirtega risti asetatud ühe ruutsentimeetri pinnale.

Seejuures oletatakse, et Maa kaugus Päikesest oleks võetud keskmine ja et Maad ei ümbritseks õhkkond, mis neelab ja hajutab Päikese kiiri.

Uuemate mõõtmiste põhjal saadud päikesekonstandi väärtus on 1,94 grammkalorit minutis (ümmarguselt võib lugeda 2 kalorit).

Päikesekonstandi põhjal võib arvutada kogu soojuse hulka, mille Päike saadab välja igas minutis. Kujutleme selleks Päikese kui keskpunkti ümber kerapinna, mille raadius oleks nii pikk kui Maa kaugus Päikesest, s. o. $149\frac{1}{2}$ miljonit km. Pindala 1 cm^2 -sel kaugusel püüab minuti jooksul kinni ligi 2 kalorit Päikese soojust. Järelikult saadab Päike ühes minutis välja niipalju kordi enam soojust, mitu ruutsentimeetrit sisaldab nimetatud kera pind.

Nõnda võib arvutades leida, et iga ruutsentimeeter Päikese pinnast annab umbes 90 000 kalorit soojust minutis ja et Päikese kiirgava energia töövõimsus on Päikese pinna iga ruutsentimeetri kohta 9 hobusejõudu.

Päikesekonstandi ja kiirgamisseaduste põhjal võib arvutada ka Päikese pinna keskmist ehk nn. efektiivset temperatuuri. See osutub umbes 5800° . Sügavamal Päikese sees on temperatuur muidugi palju kõrgem ja ulatub teoreetiliselt mitme miljoni kraadini.

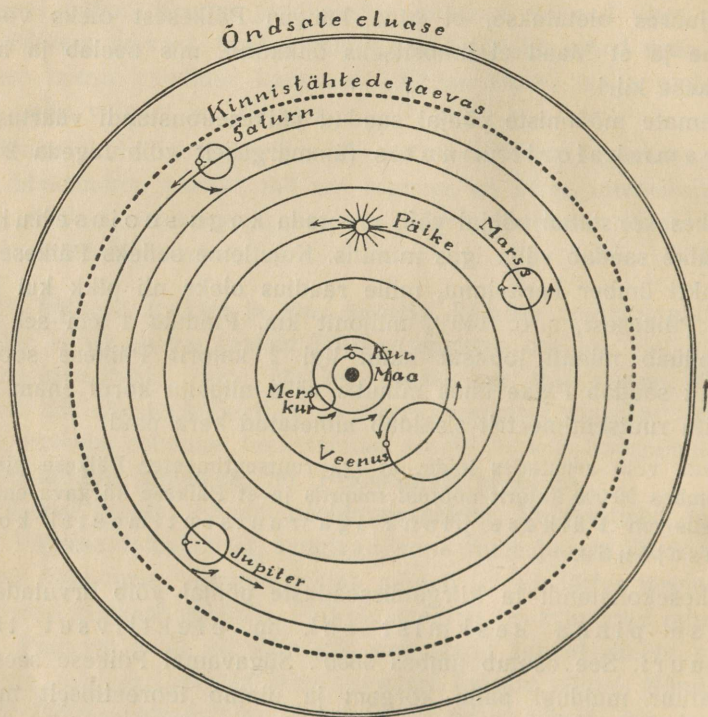
1. Mitu kalorit soojust kiirgab Päike ühes sekundis? Mitu kalorit saab sellest soojushulgast Maa?

VIII. Päikesesüsteem. Planeedid.

29. Ptolemaiose süsteem. Kinnistähtede ööpäevast liikumist ümber Maa võib lihtsalt seletada taevaskera kui terviku pöörlemise abil ümber maailmatelje. See seletusviis püsis vanast ajast Kopernikuse päevini. Raskem oli vanaaja astronoomidel seletada planeetide liiku-

mist tähtede keskel. Selleks löid nad keerulise süsteemi, mis on tuntud Ptolemaiose süsteemi nime all.

Klaudios Ptolemaios oli kreeka astronoom, sünd. umbes 140. a. p. Kr. Oma astronoomilised vaated Ptolemaios avaldas töös *μεγάλη σύνταξις* (Megále Süntaksis — Suur Kokkuvõte) mis hiljemini tuntud araablaste antud Almagesti nime all. Siin leiame kokkuvõtte vanaaja astronoomilistest vaadetest ja teadmistest.



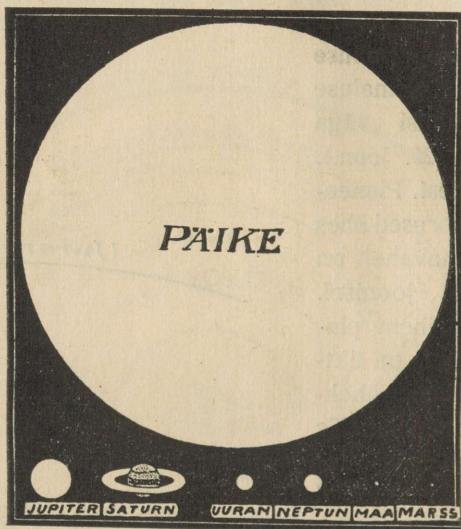
28. joon. Ptolemaiose süsteem.

Ptolemaiose järgi oli Maailma ehitus järgmine (28. joon.): Maailma keskkohas asetseb ümmargune Maa ja selle ümber tiirlevad kauguse järjekorras teised taevakehad: Kuu, Merkur, Veenus, Päike, Mars, Jupiter ja Saturn. Kõik need taevakehad liiguvad ringjoonelisi orbiite mööda. Väljaspool Saturni orbiiti asetseb kinnistähtede taevast ja sellest veel eemal õndsate eluase.

30. Kopernikuse süsteem. Kopernikuse järgi on Maailma ehitus järgmine: Päike seisab paigal ja tema ümber liiguvad ringjoonelisi teid

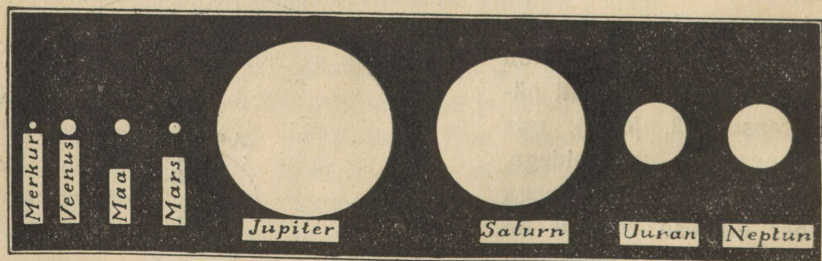
dega, mis takistavad meid ta pinda vaadata. Veenusel on olemas õhkkond, kuid selle koostis on teissugune kui meie õhkkonnal.

Mars on Maale lähim välisplaneet. Ta on $1\frac{1}{2}$ korda Päikesest kaugemal kui Maa ja võib seepärast ilmuda ka kesköises taevas, kus ta paistab punaka kauni tähena. Mars on Maaga võrreldes

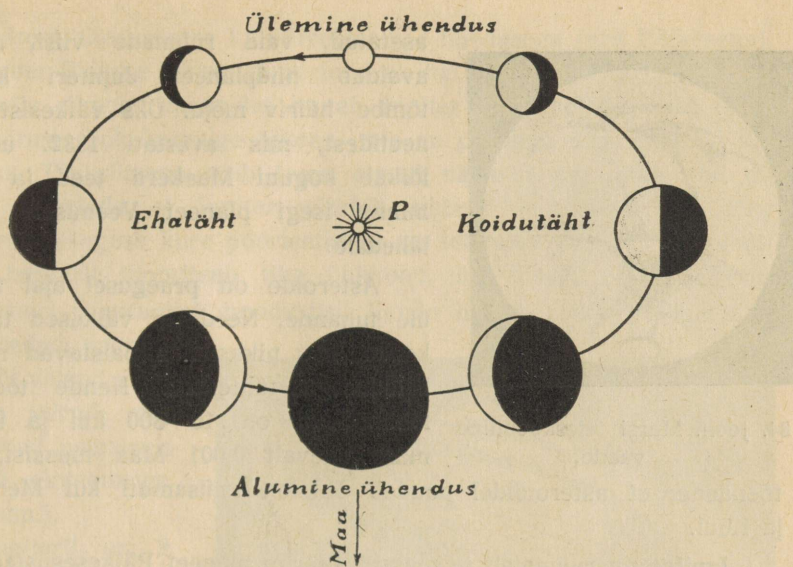


30. joon. Päikese ja planeetide võrdlevad suurused.

6 korda ruumalalt väiksem, aasta pikkus on seal 687 meie päeva, kuna üks Marsi öö-päev on umbes $24\frac{1}{2}$ tundi. Marsi pöörlemise telg on ta tee tasapinna suhtes kallakil umbes niisama palju kui Maa-keral ja seepärast esinevad seal ka „aastaajad“, mida võib tähele panna eriti valgete laikude, vististi udu ja pilvede, muutumises Marsi



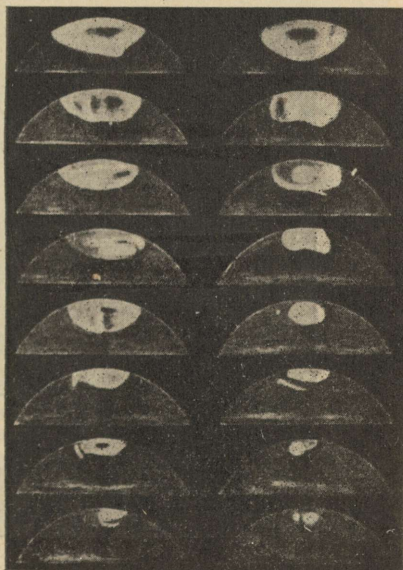
31. joon. Planeetide võrdlevad suurused.



32. joon. Veenuse faasid.

pooluste ümber (33. joon.). Peale selle võib Marsi punakal pinnal näha tumedamaid, sinirohekaid laiike, mida mõnede uurijate poolt peeti taimedega kaetud kohtadeks (34. joon.). Marsi ümbritseb õhkkond, milles ilmub vahel pilvi. Kuid sealne õhkkond on palju väiksema tihedusega ja läbipaistvam kui meil. Uuemate uurimiste järgi pole Marsi pinna temperatuur mitte nii madal, et mõnesugune orgaaniline elu oleks seal täitsa võimatu. Mars on kõigist planeetidest oma loomu poolest kõige enam Maa sarnane.

Marsi ja Jupiteri teede vahel tiirlevad laias vöös väikesed planeedid ehk asteroidid. Nende teed pole ühtlassagedalt



33. joon. Marsi polaarlaik ja selle „sulamine“.



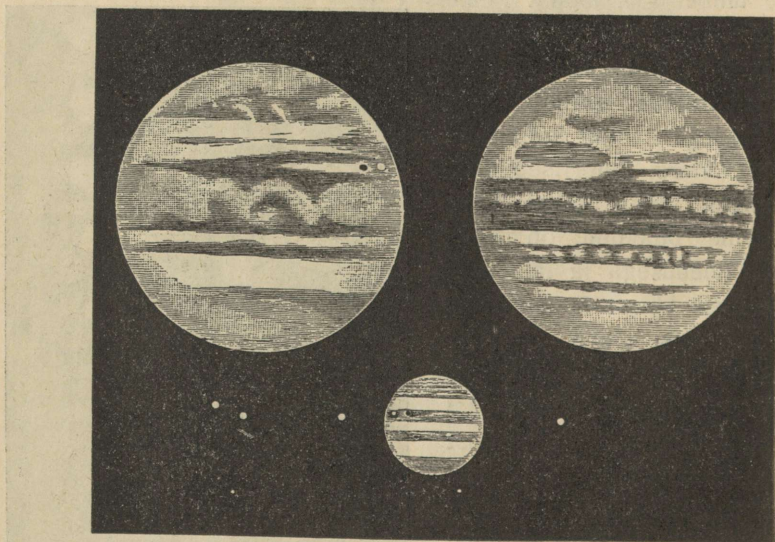
34. joon. Marsi teleskoobiline vaade.

tõenäone, et asteroididel puudub õhkkond niisamuti kui Merkuril ja Kuul.

Jupiter on ruumalalt ja massilt suurim planeet Päikesesüsteemis. Maaga võrreldes on tema ruumala umbes 1300 ja mass ligi 320 korda suurem. Sellest võib järeldada, et Jupiteri tihedus on ainult $\frac{1}{4}$ Maa

asetatud, vaid rühmade viisi, milles avaldub hiidplaneet Jupiteri külgetõmbe häiriv mõju. Üks väikesist planeetidest, mis avastati 1932. aastal, löikab koguni Maakera teed ja võib minna isegi planeet Veenusele üsna lähedale.

Asteroide on praegusel ajal teada üle tuhande. Need on väikesed taevakehad, mis pikksilmas paistavad nõrga heledusega tähtedena. Nende tõelised läbimõõdud on 10–800 km ja kogumass vaevalt 0,001 Maa massist. On

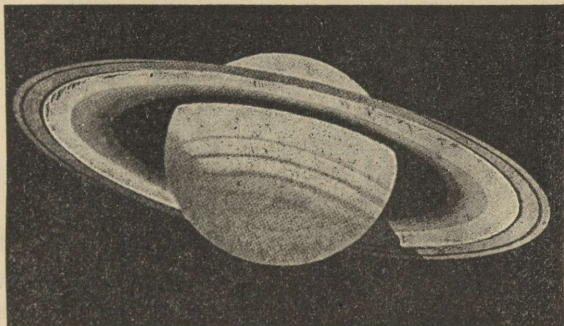


35. joon. Jupiteri teleskoobiline vaade ühes kaaslastega. Ülal: kaks tavalist Jupiteri vaadet, nagu see paistab suures pikksilmas. Vasemal neist on näha kaaslane ja selle vari Jupiteri pinnal tumeda täpina. All Jupiteri süsteem: emaplaneet oma nelja kaaslane keskel.

keskmisest tihedusest ja 1,4 võrreldes vee tihedusega (vrd. Päikesega). Ta ümber Päikese tiirlemise periood on ligi 12 aastat.

Palja silmaga vaadeldes esineb Jupiter meile heleda, kuid rahuliku säraga kollakasvalge tähena, mis on peaaegu niisama hele kui Veenus. Pikksilmaga võib tema pinnal näha täppe, mille abil on kerge tõendada, et Jupiter pöörleb umbes 10 tunniga oma telje ümber. Seesuguse kiire pöörlemisega on seletatav Jupiteri suur lapikus. Jupiterit ümbritseb tihe õhkkond, kus ilmub palju kiiresti muutuvaid pilvetaolisi moodustisi. Nende hulgas eriti iseloomulikud on tumedad, pruunikad või valged vöödid ja viirud, mis asetsevad peamiselt rööbiti ekvaatoriga (35. joon.).

Jupiteril on 9 kaaslast, millest 4 heledamat on pikksilmas hästi näha. Nad tiirlevad ümber emaplaneedi ja koos viimasega ku-



36. joon. Saturn ja ta rõngas.

jutavad just kui väikese Päikesesüsteemi, kus kaaslased kui planeedid tiirlevad ümber Jupiteri kui Päikese.

Saturn on suuruselt Jupiteri järgmine planeet Päikesesüsteemis. Paljale silmale paistab ta tuhmkollaka 1. suuruse tähena. Saturn tiirleb Päikesest ligi 10 korda kaugemal kui Maa. Viimasega võrreldes on ta ruumalalt umbes 700 korda suurem, millest võib järeldada tema aine üsna väikest tihedust. Saturni aasta on ligi 30 meie aastat pikk ja öö-päev umbes 10 tundi. Kiire pöörlemise tagajärjel on planeedi kuju lapik. Saturni ümbritseb tihe pilverikas õhkkond, milles võib tõendada veeauru olemasolu.

Mille poolest Saturn täiesti erineb kõigist teistest planeetidest, on lai ja õhuke rõngas, mis ümbritseb planeeti, selle külge puutumata (36. joon.). Saturni rõngas pole vedel ega kõva keha, vaid koosneb meteoriididest, s. o. väikestest kõvadest kehadest, mis üksteise külge puutumata nagu kaaslased tiirlevad ümber planeedi.

Viimased suurtest planeetidest on **Uuran** ja **Neptun**. Kõige kaugem seni tuntud planeet on **Pluto**, mis avastati 1930. aastal foto-

graafilisel teel. See planeet on väiksem kui Maakera. Ta kaugus Päikesest on 40 astron. ühikut, s. o. Maa kaugust Päikesest ja tiirlemisperiood 250 aastat. Temperatuur Pluto pinnal peaks olema seevõrra madal, et õhk, kui seda seal leiduks, peaks püsima vedelas või kõvas olekus.

1. Missugustes tähekujudes asetsevad praegu Päike, Mars, Jupiter, Saturn? Millal ja kus kohal taevavõlvil võib planeete näha käesoleval kuul (vt. Tähetorni kalender).

2. Kas paistab praegusel ajal Veenus eha- või koidutähena? Vaadelda teda! Millal ta jõuab Päikesest näivalt kõige rohkem eemale ja millal ta hakkab kõige heledamalt paistma?

3. Püüa palja silma või kiikri abil leida mõnikord Merkurit (vt. Tähetorni kalender)!

IX. Komeedid ja lendtähed.

32. Komeedid ja nende liikumine. Vahel ilmuvad haruldase välimusega udusarnased tähed, mis liiguvad tähtede suhtes ja millel on sageli näha sabakujuline lisand. Need on **komeedid** ehk **sabaga tähed** (37. joon.). Silmapaistvaid komeete ilmub harva.

Komeedid muutuvad meile nähtavaks, kui nad on võrdlemisi Päikese ligidal. Seepärast tunneme ainult nende teede väikest osa. Vanal ajal puudus teadmine komeetide olemuse ja liikumise kohta täielikult. Mõned pidasid neid õhkkonna moodustisteks.

Newton selgitas esimesena, et komeedid alistuvad nagu planeedidki Päikese külgetõmbele ja liiguvad ellipseil, mille fookuses asetseb Päike. Kuid komeetide ellipsid on väga pikergused.

Komeedid erinevad planeetidest veel selle poolest, et nende teede tasapindadel on ruumis kõiksugused asendid, kuna planeetide teede tasapinnad peaaegu ühtivad Maa tee tasapinnaga; planeedid tiirlevad peale selle ümber Päikese kõik samas, päripidises suunas, komeedid aga niihästi päripidises kui ka vastupidises suunas.

33. Komeedi kuju ja ehitus. Komeedil on udusarnane ümmarik mass ehk nn. **pea**, helendav tihendus peas ehk nn. **tuum**, ja helendav sirge või kõver lisand, mis peaga on ühenduses — **saba** (vt. 37. joon.).

Komeetide kuju on mitmesugune ja sama komeedi puhul muutub ta kiiresti, millest järgneb, et ühendus komeedi aineosakeste vahel on nõrk. On vaadeldud koguni komeedi jagunemist osadeks.

Komeedi ilmumisel, kui ta on Päikesest alles kaugel, paistab ta esiti ümmarguse udusarnase tombukesena. Päikesele lähenedes komeedi kiirus ühtelugu suureneb, ta keha pikeneb, tuum nihkub Päikese poole külge, kujundab saba, mis kasvab kõige pikemaks harilikult pärast päikeselähisest läbiminekut. Seejuures on komeedi saba pööratud alati Päikesest eemale.

Päikesest kaugenedes muutub komeedi saba lühemaks, komeet ise väiksemaks, ja viimaks paistab ta jälle udutombukesena nagu ilmumiselgi. Olgugi et komeet omab harilikult saba, on tähele pandud ka ilma sabata komeete.

Komeedid koosnevad äärmiselt väikese tihedusega gaasidest, sest et tähed paistavad neist läbi, ilma et tähtede valgus muutuks nõrgemaks. Kui juba kõige õhemad pilved suudavad tähti katta, siis peavad need pilved olema palju tihedamad kui komeedi aine.

Oma nõrga tiheduse tõttu pole komeedi kohtumine planeediga nähtavasti viimasele hädaohtlik.

On teada juhtumeid, mil komeedid läbisid planeetide kaaslaste süsteemi, ilma et viimaste teed oleksid seetõttu muutunud. Komeedid ise aga said iga kord tunda suuri vapustusi oma liikumisel, kui nad liginesid planeetidele. Maikuus aastal 1910 läks Maa Halle y komeedi sabast läbi, kuid mingisuguseid iseäralikke nähtusi Maa õhkkonnas ei suudetud sel puhul tähele panna.

Mõned komeedid tulid maailmaruumist Päikesele väga lähedale, nõnda et peaaegu riivasid selle hõõguvat pinda. Neil kordadel oli komeedi kiirus ligi 500 km sekundis. Silmas pidades, et komeedi



37. joon. Suur komeet aastal 1858.

saba pikkus on tihti kümneid miljoneid kilomeetreid, võib kujutella, missugune suur kiirus peaks olema komeedi saba osakesil, kui saba oleks kõva moodustis, mis seotud komeedi peaga. Kiirus oleks nii suur, et saba ei võiks püsida kindlana, vaid puruneks. Sellepärast tuleb komeedi saba vaadelda kui ainet, mis Päikeses asetseva t õ u k e - t u n g i mõjul komeedist voolab maailmaruumi. Saba aine on järjest vahelduv nagu vesi ojas või suits, mis tõuseb korstnast.

Komeedi hiilgamine oleneb jaolt hõõguvaist gaasidest, jaolt aga tema aine osakeste poolt tagasi peegeldatud Päikese valgusest.

Mõned komeedid ilmuvad korduvalt Päikese lähedale ja muutuvad siis meile jälle uuesti nähtavaks; neid kutsutakse *periodseiks komeetideks*. Neile antakse tavaliselt teadlase nimi, kes neid avastas või neid uuris.

Encke komeet tiirleb ümber Päikese 3,3 aastaga. Biela komeet lagunes aastal 1846 kaheks osaks ja kadus hiljemini hoopis. Halley komeet, mis on iseäranis hele, ilmus viimast korda 1910. aastal. Oma periheelis on ta Päikesele lähemal kui Veenus, afeelis aga kaugemal kui Neptun. Tema ringkäik kestab umbes 76 aastat.

34. Lendtähed ehk meteoroid. Vahel ilmuvad äkitselt öises taevas isehelendavad tähesarnased kehad, mis liiguvad kiiresti, jättes enese järel pika heleda viiru. Rahvas ütleb: täht langeb. Need on **lendtähed ehk meteoroid**. Selgel ööl võib tähelepanelik vaatleja mõnikord neid tunni jooksul näha mitut.

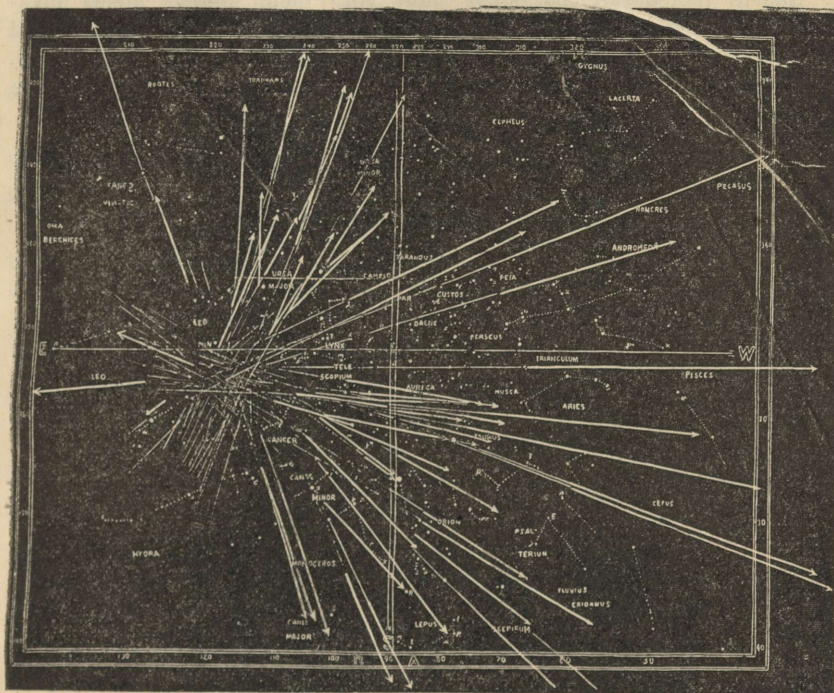
Hoolimata oma nimest pole need helendavad kehad siiski tähed, nagu vahel teadmatuses arvatakse, vaid pisikesed tumedad kivi-sarnased kõvad kehakesed, mis tiirlevad väga pikergusil ellipseil ümber Päikese. Oma teel liikudes kohtavad mõned neist Maad, sattudes selle õhkkonda, kusjuures nende kiirus on mitukümmend kilomeetrit sekundis. Öhu takistuse mõjul muutub osa meteoroidide liikumisenergiast soojuseks ja nad hakkavad helenema. Meteoroidi mass, mis on enamasti väga väike, põleb suures kõrguses harilikult ära.

Meteoroidid lõkendavad harilikult 80—120 km kõrgusel. Mõnikord, kui nad ei suuda kergesti ära põleda, tungivad nad sügavamale õhkkonda ja võivad koguni maha langeda.

Mõnikord aastas ilmub lendtähti iseäranis rohkesti; nõnda näit. on ööd 10.—12. augustini ja 12.—14. novembrini neist eriti rikkad. Augustikuu meteoroidid näivad tulevat Perseuse tähekujust ja neid kutsutakse *perseiidideks*; novembrikuu meteoroidid aga Lõvi (Leo) tähekujust, millest nende nimi — *leoniidid*. Kohti taeva-

võlvil, kust meteoorid näivad välja lendavat, kutsutakse radiatsioonipunktideks (38. joon.). Kui meteore ilmub väga rohkesti, siis kutsutakse niisugust nähtust tähesajuks.

Meteoorid liiguvad parvede viisi pikergusi ellipseid mööda ümber Päikese. Mõnes kohas asetsevad nad parves sagedamalt. Kui Maa kohtab seesuguseid parve tihendatud osi, siis on tähesadu harilikust küllasem.



38. joon. Novembrikuu meteooride radiatsioonipunkt.

On leitud, et komeetide ja meteooride vahel on olemas side. Harilikult vaadeldakse meteore kui komeedi lagunemise saadusi.

Suurema massiga meteor, mis tungib sügavamale õhkkonda, ilmub mõnikord väga heleda tulekerana; seda kutsutakse bolliidiks. Sageli läheb ta õhkkonnast läbi ja kaob maailmaruumi. Kuid mõnikord langeb ta suure müra ja raginaga alla maa peale või lõhkeb õhus kui pomm ja puruneb tükkideks. Mahalangenud meteoorid on välimuselt kivisarnased kehad ja neid kutsutakse meteoriitideks ehk aeroliitideks.

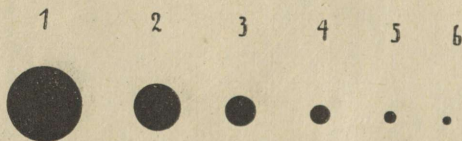
Leitud meteoroid, mille kaal ulatub mõnest grammist mitme tuhande kilogrammini, koosnevad tavalisest aineist, nagu väävel, raud, nikkel, koobalt jt.

Tartu ülikooli mineraloogiamuuseumi meteoriitide kogus on välja pandud ka meteoroid, mis on maha langenud Eestis. Suurim neist kaalub üle 10 kg.

Suurte meteoroidide purustuse jälgi võib näha mitmes kohas maapinnal. Arizonas (P.-Am. Ühendriiges) on meteoroidi langemisest tekkinud kraater umbes 1 km läbimõõduga. Säärane moodustus esineb ka Siberis. Meteoroidist tekitatud kraatriks peetakse ka meie tuntud **Kaali** järve Saaremaal.

X. Tähed ja maailma ehitus.

35. Tähtede heledus, värv ja muud omadused. Kõik palja silmaga nähtavad tähed jagatakse heleduse poolest järkudesse, millest iga eelmine on sama astme võrra heledam kui järgmine. Tähe heledusjärku nimetatakse harilikult tähe suuruseks (magnitudo), olgugi et see mõiste käesoleval juhul ei tähenda geomeetrilist suurust (39. joon.).



39. joon. Tähtede heledusjärkud ehk suurused.

Kõige heledamaid tähti, nagu Veega, Kapella, Altair, ja teisi nendesarnaseid, kutsutakse esimese suuruse tähtedeks; teise suuruse tähed on ühe astme võrra tumedamad, näit. heledamad tähed Suures Vankris; kolmanda suuruse tähed on veel ühe astme võrra tumedamad, jne. Kõige tumedamad palja silmaga nähtavad tähed kuuluvad kuuendasse heledusjärku; need on 6. suuruse tähed. Suurte pikksilmadega võib näha tähti 15. suuruse, fotograafia abil aga on võimalik avastada neid umbes 20. suuruse.

Valguse mõõtmise põhjal on leitud, et iga eelneva suuruse täht annab järgneva suuruse tähest umbes 2,5 korda enam valgust, s. t. on temast nii mitu korda heledam.

Sageli arvatakse, nagu oleks palja silmaga nähtavate tähtede arv väga suur, kuid tõeliselt on see^a kogu taevaskera kohta ainult kuue tuhande ümber. Pikksilmaga vaadeldes või fotografeerides kasvab tähtede arv kiiresti.

Kõige heledamaid, s. o. esimese suuruse tähti loetakse 20. Iga järgmise suuruse tähti on umbes kolm korda enam.

1. Mitu heledat tähte 1. suuruseni võib meie laiuses näha ja mitu on meile nähtamatuid? Missugused on need?

2. Mitu heledat tähte esimese suuruseni asetseb põhja-, mitu lõuna-poolsel taeva-poolkeral?

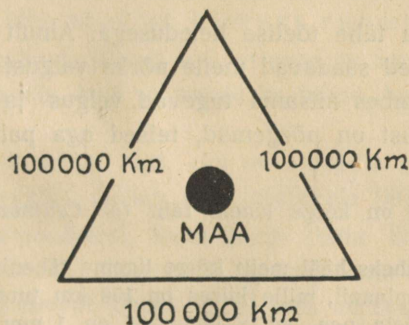
Peale heleduse eristatakse veel tähtedel **värvi, spektrit ja temperatuuri**. Mainitud tunnuste järgi tähti võib jagada kolmeks peamiseks liigiks:

I. Valged tähed, näit. Siirius, Rigel, Veega. Nende tähtede keskmine pinna temperatuur on kõige kõrgem (üle 10 000°).

II. Kollased tähed, näit. Kapella, Arktur, Päike, mille temperatuur on umbes 6000°.

III. Punakad tähed, näit. Antares, Aldebaran, Beteigeuze, mille temperatuur on ligi 3000°.

36. Tähtede kaugused ja tõelised heledused. Päikese ja planeetide kaugusega võrreldes on tähed meist väga kaugel. Nende suurte kauguste mõõtmiseks tarvitatakse mõnikord pikkusühikut, mida kut-

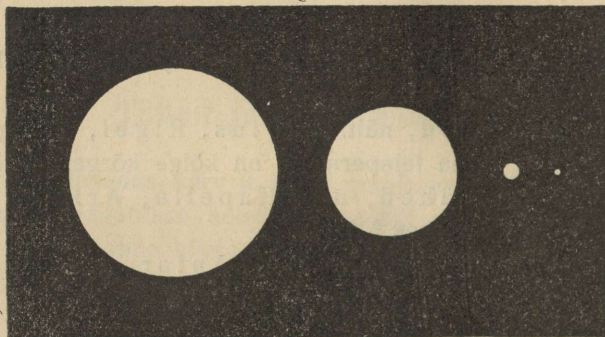


40. joon. Üks „valgussekund“ — tee, mille valgus läbib ühe sekundi jooksul võrreldes Maa suurusega.

sutakse **valgusaastaks**. See on kaugus, mille valgus, mis ühes sekundis levib 300 000 km (40. joon.), suudab läbi käia ühe aasta jooksul (umbes 63 000 Maa kaugust Päikeselt ehk $9\frac{1}{2}$ miljonit miljonit km). Kõige lähem täht (Alfa Centauri) on meist kaugel ligi 4 valgusaastat

(38 miljonit miljonit km); teised on palju kaugemal, näit. Siirius 9, Kapella 50, Rigel 360 valgusaastat.

Teades mõne tähe näivat heledust ehk tähesuurust ja selle kaugust, võib arvutada ta **tõelise** ehk **pärisheleduse**. Nii näit. **Alfa Centauri** on niisama hele, s. o. annab niisama palju valgust, kui Päike, kuna aga näit. **Siirius** on 26 ja **Kapella** ligi 100 korda Päikesest heledam jne. (41. joon.). Seevastu aga on olemas tähti, mis annavad palju vähem valgust, koguni mitusada korda. Päikese valgusvõimsus on $3 \cdot 10^{27}$ küünalt. Et saada mõne tähe valgusvõimsus küünlais, tuleb



41. joon. Beteigeuze, Antarese, Arkturi ja Päikese (kõige väiksem) võrdlevad suurused.

see arv korrutada tähe tõelise heledusega. Ainult oma väga suure kauguse tõttu tähed saadavad meile nõrka valgust. Tõeliselt aga on nad keskmiselt umbes niisama tugevad valgus- ja soojusallikad kui Päike. Mõned neist on nõrgemad, teised aga palju heledamad kui Päike.

1. Mitu korda on kõige lähem täht (α Centauri) meist kaugemal kui Päike?

2. Kui kaua läheks hääl meilt kõige ligema täheni? Kui kaua kestaks teekond sinna aeroplaanil, mille kiirus on 150 km tunnis?

3. Kui nõõpnõela pea, mille läbimõõt on 1 mm, kujutaks Päikest, kui kaugel sellest tuleks mõelda Maakera, Pluto ja α Centauri, et tõeliste kauguste suhted jääksid endiseks?

37. Tähtede ja Päikese edasilikumine ruumis. Sageli nimetatakse tähti kinnistähtedeks, sest et nende asendid inimese elueal üksteise suhtes ei näi muutuvat; tähed oleksid kinnistatud just kui kõva taevavõlvi külge, mis ühtlaselt pöörleb ümber Maa.

Maa aastase liikumise tagajärjel ümber Päikese tähed perioodiselt muudavad natuke oma näivaid asendeid taevavõlvil. Seesugust nähtust võib aga seletada kui Maa enese liikumise mõju või vastupeegel-dust, ilma et tähed tõeliselt oma asendit üksteise suhtes muudaksid.

Kuid üheks tähtsamaks tõsiasiaks tuleb lugeda seda, et tähed tõeliselt üksteise suhtes taevavõlvil liiguvad, et neil on nn. omaliikumine. Esimene, kes mõnede heledamate tähtede (Siirius, Aldebaran) nihkumise taevavõlvil avastas, oli inglise astronoom Halley XVIII sajandil.

Tähtede omaliikumine on üldiselt väga väike, ja et seda avastada, on tarvis teha väga täpsaid mõõtmisi ning neid pikema aja tagant võrrelda.

Kuid omaliikumise väiksusest hoolimata muutuvad pika aja jook-sul kõik meie tuttavad tähekujud tundmatuseni. Teades omaliiku-misi on võimalik kujutada, kuidas esineks mõni tuttav tähekuju, näit. Suur Vanker, meie järeletulijaile mõnekümne tuhande aasta pärast või kuidas ta paistis meie esivanemaile kauges minevikus.

Peale omaliikumise kiiruse on tähel veel kiirus vaatesuunas ehk nn. radiaalne kiirus, mis määratakse spektroskoobi abil. Radiaalne kiirus loetakse positiivseks, kui tähe kaugus kasvab, s. o. kui täht meilt eemaldub, ja negatiivseks, kui täht meile ligineb. Kui on teada tähe kaugus, omaliikumise ja radiaalne kiirus, siis on kerget määrata tähe tõelist kiirust ruumis.

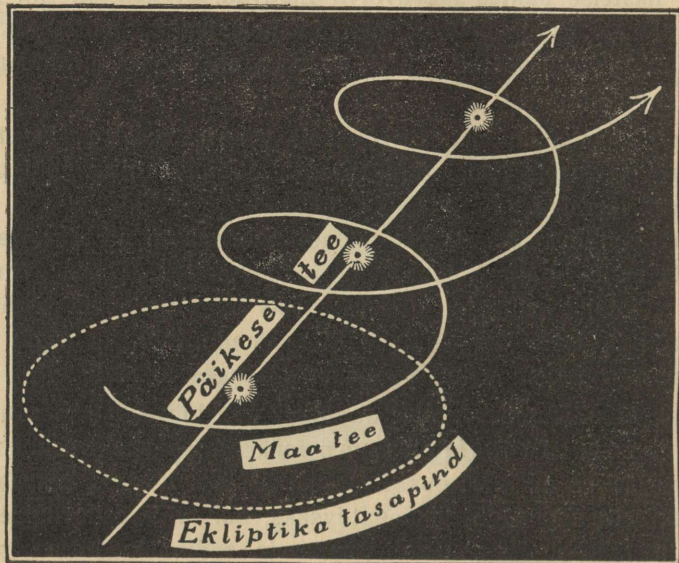
Arvutades tähtede kiirusi leiti, et need on harilikult mitukümmend kilomeetrit sekundis, kuid ei puudu ka juhud, kus nad on palju suu-remad.

Et Päike on harilik täht, siis on loomulik oletada, et ka Päike liigub tähtede suhtes. Selles võib veenduda järgmise vaatluse abil.

Sellel taeva-poolkeral, kuhu poole Päike liigub tähtede keskel, näivad tähed minevat üksteisest eemale, kuna aga vastaspoolkeral tähed näivad lähenevat üksteisele. Nähtus on samalaadne, mis esineb jalutajale puistikus, kus talle näib, nagu läheksid puud tema ees laiali ja koondusid selja taga. Tähtede liikumiste korrapärasusest võib järeldada Päikese liikumist tähtede suhtes, mis otsusele esma-kordselt jõudis kuulus astronoom William Herschel juba XVIII sajandi lõpul. Osutus, et koht, kuhu poole liigub Päikesesüsteem tähtede suhtes, ehk nn. a p e k s, asetseb **Herkulese** tähekujus. Päi-kese liikumiskiirus on umbes 20 km sekundis. Et Maa tiirleb ümber

Päikese, siis võib kujutella Maa teed ruumis väljavenitatud spiraalina (42. joon.).

38. Iseäralikud tähed. Tähtede maailmas valitseb suur mitmekesisus. On tähti, mis muudavad oma valgust. Niisuguste hulka kuuluvad nn. uued ja muutlikud tähed.



42. joon. Päikesesüsteemi edasiliikumine ruumis.

Uued tähed (ladina keeli: *nova*) ilmuvad taevas äkitselt, suurendavad kiiresti oma valgust, jõuavad heleduse tipule, millele järgneb aeglasem valguse kahanemine, ja kaovad viimaks meie silmist. Uus täht oli aga ka enne ja pärast olemas, kuid ainult ajutiselt muutus ta iseäranis heledaks.

Üks selline hele täht ilmus 125 aastat e. Kr. ja andis tõuke kreeka astronoomile Hipparchos'ele tähtede nimestiku koostamiseks. Teist väga heledat ajutist tähte, mis lõkendas Kassiopeja tähtkujus aastal 1572, vaatas Tycho de Brahe. Oma maksimumi ajal võistles täht heleduselt Veenusega ja oli näha päevalgi. Pärast muutus ta heledus järjest nõrgemaks ja aasta pärast kadus ta paljale silmale. Heledamaist uutest tähtedest, mis ilmusid uemal ajal, võiks nimetada uut tähte Herkulese tähtkujus 1934. a. talvel.

Uute tähtede ilmumise põhjused pole lõplikult selgitatud. Võiks arvata, et tähe seesmises ehituses tekivad muutused, mil-

lele järgneb tähe keha suur paisumine ja aine laialipaiskumine määratu suurte pursete kujul.

Muutlikud tähed muudavad korduvalt oma heledust. Oma iseloomult võib neid jagada mitmesugusteks eriliikideks.

Ühe liigi esindajaks on täht α (omikron) Vaala tähtkujus, mida kutsutakse Mira'ks, s. o. imelikuks. Heleduse muutuse periood kestab 11 kuud: kolme kuu jooksul muutub täht järjest heledamaks, 2. suuruseni, siis kolme kuu jooksul ta jälle kahaneb, jäädes selle järel viie kuu vältel paljale silmale peaaegu nähtamatuks. Ühes heledusega muutuvad ka tähe spekter ja värv, mis maksimumi ajal on kollane ja miinimumi ajal punakas. Värv ja spektri muutumine tunnistab, et tähe seesmuses toimuvad protsessid, mis on ligidalt seotud tähe heleduse muutumisega.

Ühe teise liigi muutlikkude tähtede esindajaks on Algol ehk täht β Perseuse tähtkujus. Selle tähe heleduse muutumise iseloom ja põhjus on hoopis teissugune kui Mira. Tema periood on lühike, kestes ainult 69 tundi. Nähtuse põhjustajaks on tume kaaslane, mis tiirleb ümber tähe, katab tähe ketast ja nõnda vähendab perioodiliselt ta valgust.

Tähtede hulgas esineb rohkesti ka niisuguseid, mis paljale silmale paistavad harilikku tähtedena, kuid pikksilma läbi vaadates koosnevad kahest teineteise ligidal asetsevast tähest. Seesuguseid tähti kutsutakse kaksik- ehk paaristähedeks. Mõnikord võivad kaks tähte perspektiivselt sattuda väga teineteise ligidale, olles tõeliselt aga väga kaugel teineteise taga. Need on nn. optilised paarid. Füüsilistes kaksiktähedega aga on tähe üksikud osad ehk komponendid tõeliselt ligistikku ja tiirlevad teineteise ümber üldise külgetõmbe mõjul.

Kaksiktähed esitavad oma komponentide heleduse ja värvi poolest mitmesuguseid huvitavaid tüüpe. Mõnikord on tähepaari mõlemad liikmed võrdse heleduse ja ühesuguse värviga, näit. tähel ζ Suures Vankris (Mizar), kus nad paistavad säravalt-valgete tähtedena. Kui aga üks komponentidest on teisest heledam, siis sageli esineb neil kauneid värvide kontraste, nagu näit. tähel Luiges, mille peamine täht on ruuge-kollane, kuid kaaslane on sinine.

39. Täheparved. Mõnes kohas taevavõlvil on palju tähti nii ligistikku, et silm ei suuda neid eraldada ja üksikult näha, vaid näeb neid üldise valkja laiguna. Pikksilmas aga laguneb sageli niisugune laik üksikult nähtavate tähtede parveks ehk sagnaraks.

Üks kõige tuttavamaid täheparvi on nn. Sõel ehk Plejaadid. Palja silmaga võib selles eraldi näha umbes 7 tähte, kuid suuremate pikksilmade abil — mitusada. Tähed neis parvedes pole sattunud ühte juhuslikult: nende vahel on olemas tõeline side. Iseäranis selgesti tuleb see nähtavale kerasarvede korrapärasel ehituses (43. joon.), kus tähed asetsevad väga tihedalt. Väiksemate pikksilmade läbi paistavad sellised parved kettasarnaste tuhmvalkjate udulaikudena, kuid tugevajõulises teleskoobis lagunevad nad tuhandeiks tähtedeks.



43. joon. Kerakujuline täheparv.

dena, kuid tugevajõulises teleskoobis lagunevad nad tuhandeiks tähtedeks.

Kerasarved on suured tähtede süsteemid, mis asetsevad meist mitukümmend tuhat valgusaastat kaugel.

40. Linnutee. Kõige silmapaistvam ja laiaulatulislikum täheparv on **Linnutee**. Ta paistab meile tuhmilt helendava, kaunis korrapäratu hõbevalkja udulise vööna või paelana, mis käib üle kogu taeva peaaegu suurringi mööda, jagades taevaskera kaheks võrdseks

poolkeraks. Luige tähekujus jaguneb ta kaheks haruks, mis ühinevad uuesti lõuna-poolkeral.

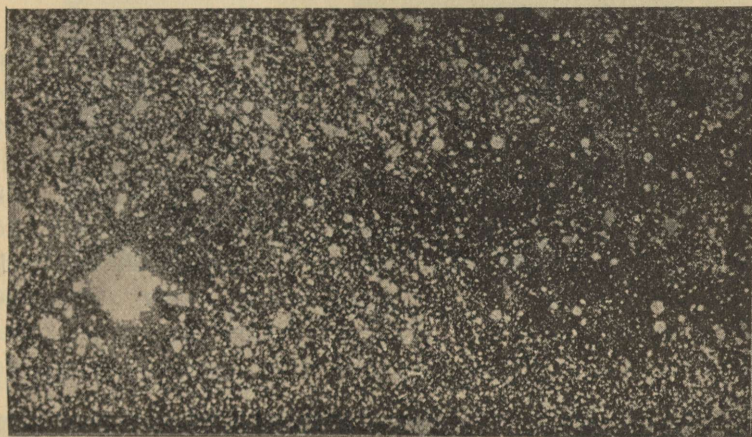
Linnutee koosneb väga paljudest tähtedest (44. joon.), mille koguarv on kümneid miljardeid. See on keerulise ehitusega, väga laialdane tähesüsteem, millesse kuulub hariliku tähena ka meie Päike.

Uuemate uurimiste põhjal on Linnutee täheparvel tugevasti lapergune, läätsetaoline kuju. Meie Päike asetseb selle täheparve sees umbes poole raadiuse kaugusel keskpunktist. Linnutee suurima telje läbimõõt loetakse ligi 100 000 valgusaastat. Linnutee keskkohast asetseb siit vaadatuna *Amburi* ehk *Sagittariuse* tähtkujus ja on meist ligi 30 000 valgusaastat kaugel.

Vaatamata sellele, et taevast näiliselt esitab meile suurt kokkõla ja rahu pilti, liiguvad seal tähed tõeliselt aga mitmekümne ja

mitmesaja kilomeetri kiirusega sekundis, alistudes tähtede maailma külgetõmbe üldmõjule. Tähtede suurused, võrreldes neid üksteisest lahutava kaugusega, on nii väikesed, et tähtede kohtumised on väga haruldased ja individuaalsed külgetõmbed tähtede vahel väga nõrgad.

Kuid peale tähtede erisuunaliste liikumiste on Linnuteel veel üldine pöörlemine. Kohas, kus asetseb meie Päike, tuleb seda pöörlemiskiirust lugeda umbes 250 km/sek. ja pöörlemisperioodi ligi 250 miljonit aastat.



44. joon. Linnutee osa ülesvõte.

41. Udukogud. Peale üksikute tähtede ja täheparvede esinevad maailmaruumis veel nn. **udukogud** ehk **udud**. Nad paistavad kui nõrga valgusega tuhmilt helendavad udu- või pilvetaolised laigud, mida nähakse pikksilmade abil. Kuid iseäranis palju avastati neid fotograafilisel teel.

Oma välise kuju poolest udukogud on mitmesugused. Ühed on planeeditaolise välimusega, ümmargused või ovaalsed, näit. udukogu **Lyra** tähekujus (45. joon.), kuna teised on korrapäratud nagu pilved, näit. tuntud udukogu **Orioni** tähekujus (46. joon.).

Peale selle on olemas tumedaid udukogusid, mille olemasolu võib järeldada sellest, et siin-seal täherikkail taevaaladel esinevad kohad, milles tähtede arv võrreldes ümbrusega on silmapaistvalt väike. Tõenäoselt on siin tegemist tumedate, nn. kosmilise tolmu (meteooride) või ka gaasi massidega, mis ei lase läbi nende taga olevate tähtede valgust. On võimalusi oletada, et tumedate udukogude



45. joon. Rõngakujuline udu Lyra tähtkujus.

ligema täheni, peab ta ligi 4 aastat teel olema. Et jõuda teiste, kaugemate tähtede juurde, kulub aastakümneid, -sadu, -tuhandeid...

Oma loomult on tähed, millega avarus on täis külitud, niisamagused võimsad jõuallikad nagu meie Päike. On loomulik mõelda, et paljud neist, samuti nagu meie Päike, on ümbritsetud tiirlevaist planeetidest, mida aga meie suure kauguse tõttu ei suuda iial näha.

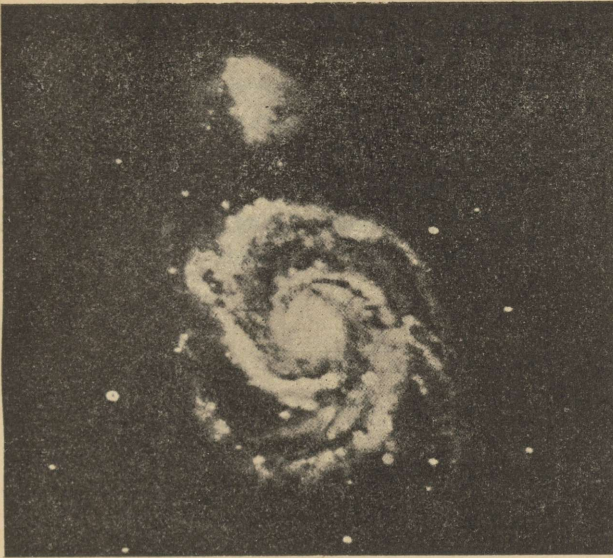
Kõik eespool-kirjelatud esemed, tähed, täheparved ja udugogud kuuluvad meie Linnutee süsteemi. Mis on aga väljaspool maailma ruumi kaugel Linnutee taga? Seal, kust valgus on meie juurde teel miljoneid aastaid, asetseb teisi meie Linnutee sarnaseid miljardite tähtede peresid, mis

määratu suured massid hiljemini gravitatsioonilise tõmbumise tagajärjel tihenevad ja muutuvad helenevaiks korrapäratuiks udukogudeks, milledest arenevad planetaarsed udugogud ja tähed.

42. Maailma suurusest ja ehitusest. Valguskiir, mis levib 300 000 km kiirusega sekundis, jõuab $8\frac{1}{4}$ minutiga läbi käia kauguse, mis lahutab Maad Päikesest. Mõne tunniga jõuab ta Päikesesüsteemi tuntud piirini, planeet Plutoni, kuid et jõuda kõige

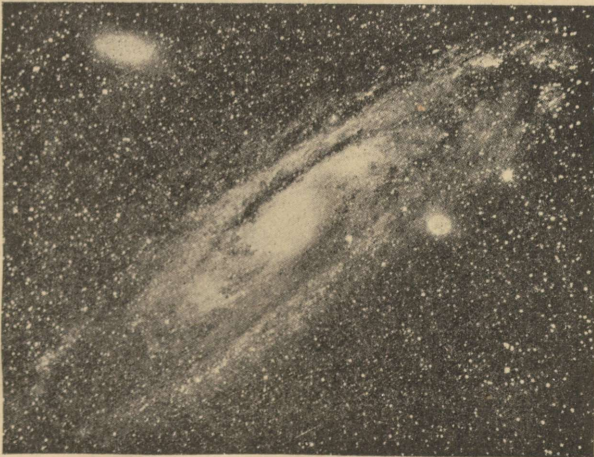


46. joon. Orioni udugogu.



47. joon. Spiraaludukogu.

paistavad meile nõrkade udulaikudena taeva tumedal taustal. Need nn. „spiraaludud“ (47. joon.) oma olemuselt on väga kauged täheparved, mille üksikuid tähti pikksilm ainult mõningail juhtudel suudab lahutada üksteisest. Üks silmapaistvamaid ja



48. joon. Andromeda udukogu.

meile võrdlemisi ligemaid on **Andromeda** udukogu (48. joon.), mille kaugus on ligi miljon valgusaastat.

Nõnda on astronoomia ehk täheteadus hoopis ümber muutnud meie kujutluse maailmast ja selle suurusest. Meie üle pole tõeliselt olemas mingisugust piiravat „kristalset sfääri“, vaid maailmaruum, mis täidetud miljonite tähtedega. Neid vaadeldes meil tekib aimus kosmose ilust, suurusest ja ülevusest ning ühtlasi õigem kujutlus inimese seisundist Maailmas ehk Universumis.

Sisukord.

	Lk.
I. Taevavõlv ja taevakehad	3
II. Taevavõlvi ööpäevane pöörlemine	7
III. Päikese näiv aastane liikumine ja aastaajad	12
IV. Ühtlusaeg ja kalender	15
V. Kuu	20
VI. Päikese- ja kuuvarjutused	25
VII. Päike	29
VIII. Päikesesüsteem. Planeedid	35
IX. Komeedid ja lendtähed	42
X. Tähed ja maailma ehitus	46

PÕHJAPOOLNE

TÄHINE TAEVAS

★ Esimese suurusjärgu tähed

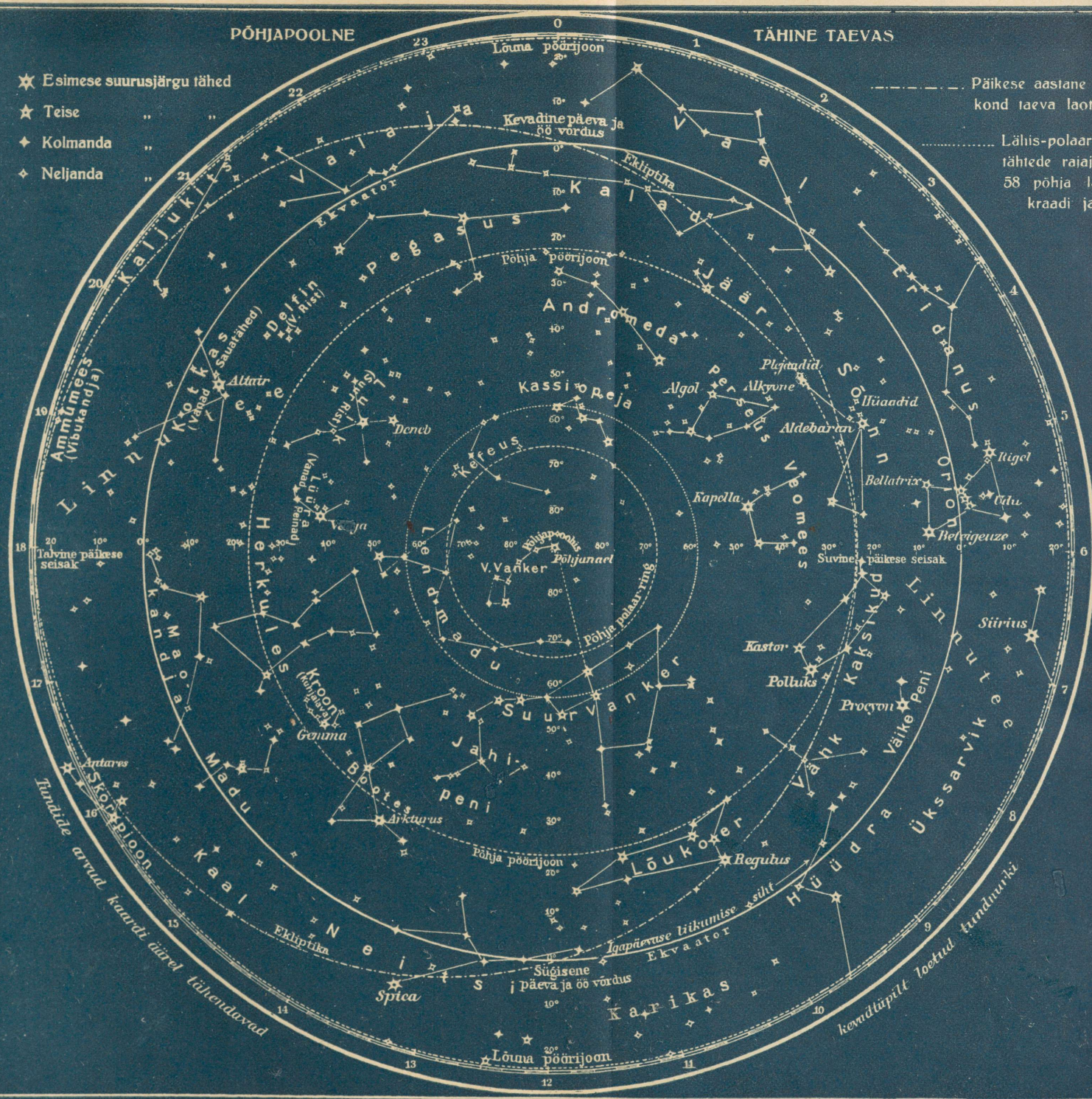
☆ Teise " " "

◆ Kolmanda " " "

◇ Neljanda " " "

----- Päikese aastane teekond taeva laotusel

..... Lähis-polaarsete tähtede rajajoon
58 põhja laius kraadi jaoks



20° 10°
Tähtne päikese seisak

30° 20° 10°
Suvine päikese seisak

Antares

Skorpioon

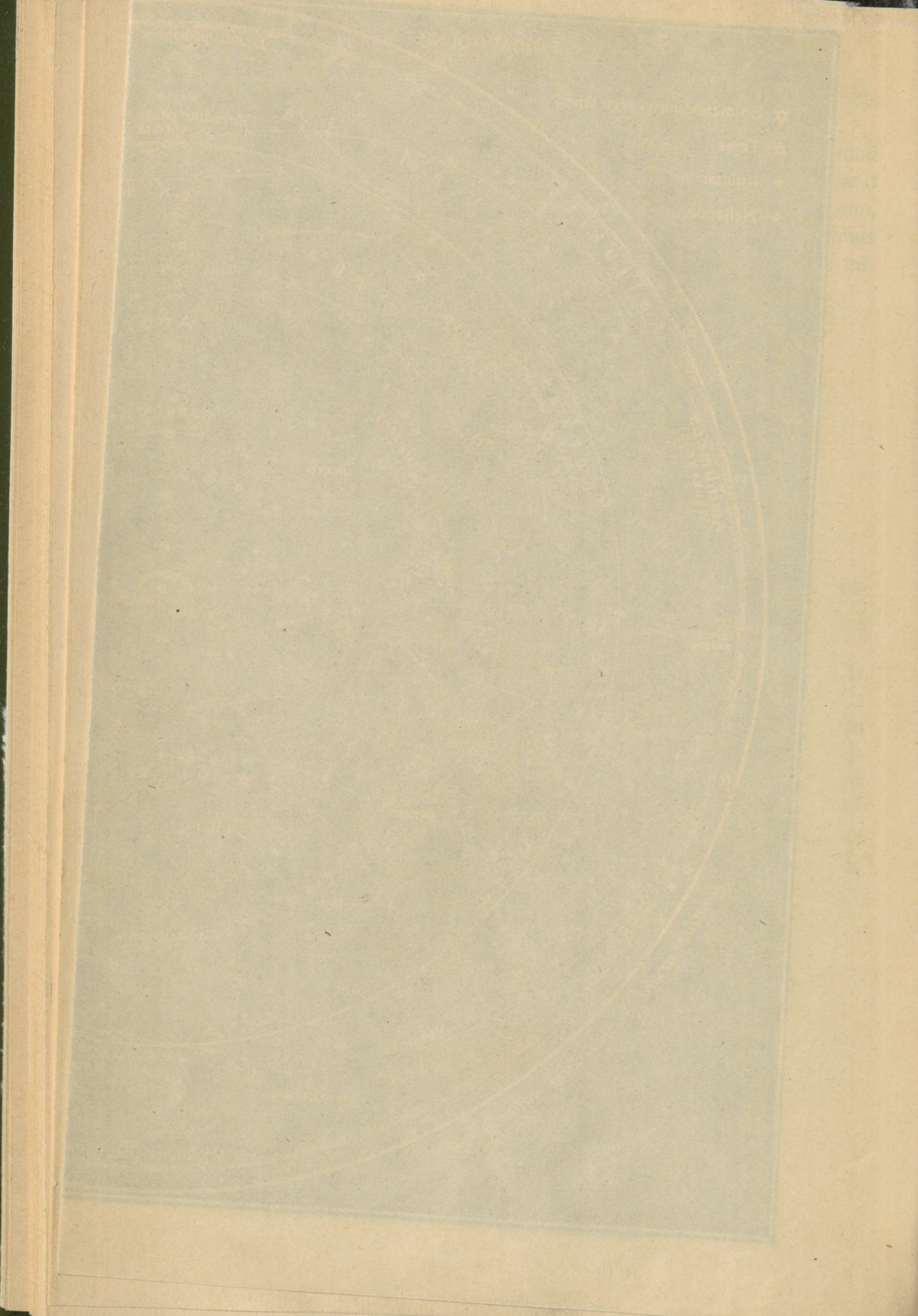
Spica

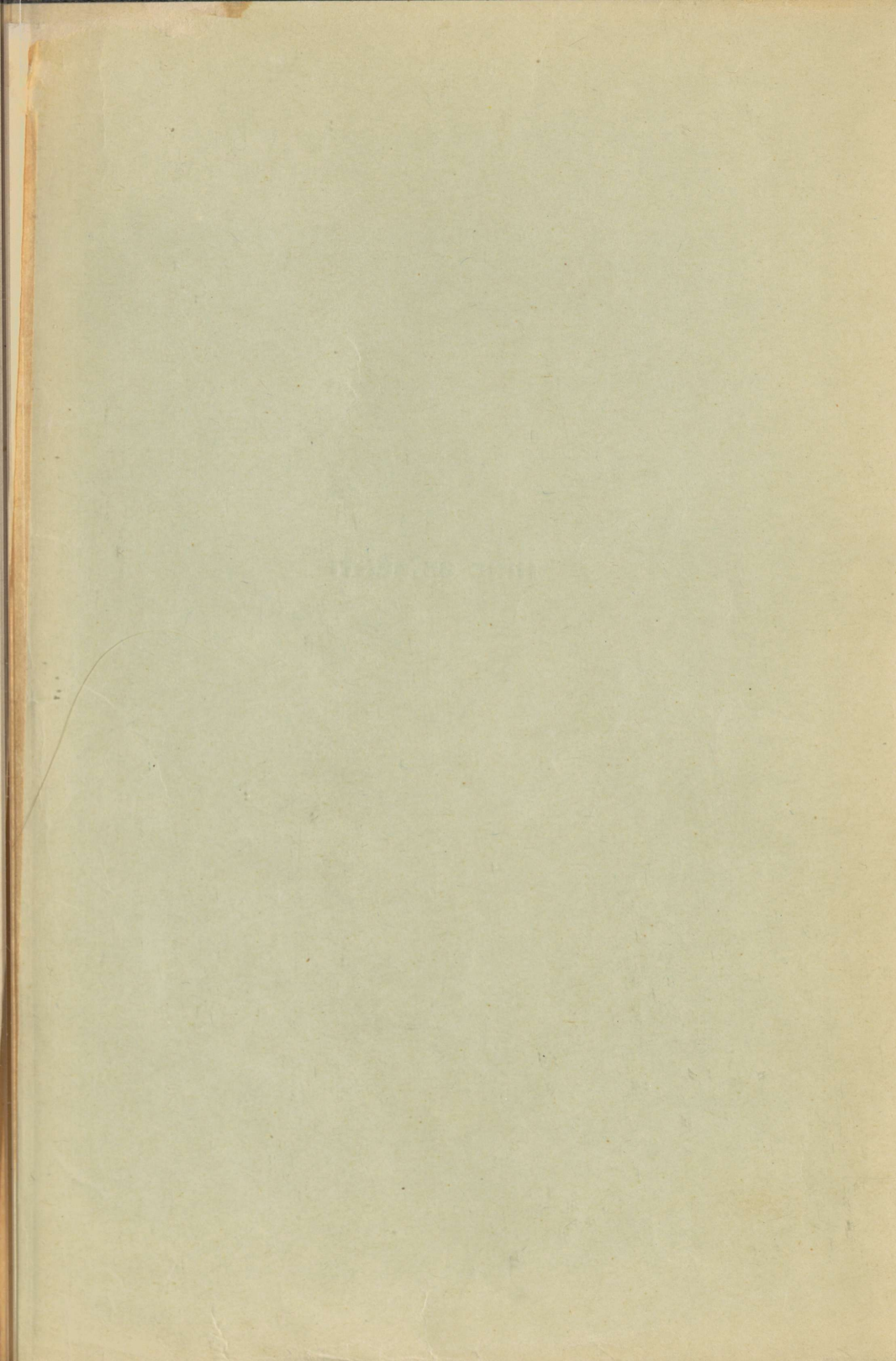
Lõuna poarijoon

kaardilt loetud tundi

tundide arvud kaardi äärel tähendavad







HIND 65 SENTI